


Vitam impendere Vero
Ex libris D. Borelli
LIT. ROLLA
ROMA

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME LIII.

IMPRIMERIE DE MADAME Ve THUAU,
Rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

TOME CINQUANTE-TROISIÈME.

A PARIS,

CHEZ CROCHARD, LIBRAIRE,

RUE ET PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, N° 13.

1833.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

Mémoire *sur la Transmission libre de la Chaleur rayonnante par différens Corps solides et liquides ;*

Présenté à l'Académie des Sciences le 4 février 1833,

Par M. Melloni.

Mariotte est, à ma connaissance, le premier physicien qui ait tenté d'apprécier l'action des substances diaphanes pour transmettre ou intercepter le rayonnement calorifique provenant des sources terrestres. Après avoir observé que la chaleur solaire concentrée au foyer d'un miroir métallique, ne perdait pas sensiblement de son intensité en la faisant passer à travers une lame de verre, il transporta son appareil devant le feu d'une cheminée, et trouva qu'à une distance de cinq à six pieds, l'image réfléchie au foyer du miroir était d'une température insupportable à la main, lorsque les rayons s'y réunissaient

librement; mais qu'en interposant la lame de verre, on n'avait plus aucune sensation de chaleur, quoique l'image conservât encore tout son éclat. Il en conclut que la chaleur du feu terrestre *ne passe point à travers le verre*, *ou bien qu'il y en passe très-peu* (1).

Schéele répéta la même expérience cent ans environ après Mariotte, mais il ne se tint pas dans la sage réserve de cet ingénieux physicien; car il assura que, lors de l'interposition du verre, *on n'avait pas la moindre chaleur* au foyer du miroir (2). L'inexactitude d'une telle assertion, fut bientôt relevée par Pictet, au moyen de l'appareil connu sous le nom de *miroirs conjugués*. On plaça un carreau de verre bien transparent entre la chaleur d'une bougie concentrée par l'appareil, et un thermomètre; le mercure monta en quelques instans de plusieurs degrés; il y eut encore élévation sensible de température lorsqu'on substitua à la bougie un matras rempli d'eau bouillante (3).

Quelques années plus tard, Herschel entreprit sur le même sujet une série très étendue d'expériences : elles se trouvent décrites dans le volume des Transactions philosophiques pour l'année 1800. L'auteur ne se sert d'aucun artifice pour augmenter l'action des rayons de chaleur, et se contente de mesurer directement l'effet calorifique en

---

(1) Mariotte, *Traité de la nature des Couleurs*; Paris, 1686, 2e partie, à la fin de l'introduction.

(2) Schéele, *Traité de l'Air et du Feu*; Paris, 1781, § 56. L'ouvrage original de Schéele a été publié en 1777. — Mariotte est mort en 1684.

(3) Pictet, *Essai sur le Feu*, § 52 et suivans.

fixant le thermomètre à une très petite distance du corps diaphane.

Mais on éleva des doutes sur les conséquences de ces divers résultats. On objecta qu'une partie de la chaleur rayonnante s'arrêtait d'abord à la première surface du verre, qu'elle s'y accumulait peu à peu et se propageait ensuite de couche en couche jusqu'à la surface postérieure, et que de là elle recommençait à rayonner sur le thermomètre. On soutint même que la presque totalité de l'effet dérivait de ce mode de propagation : bref, on en vint jusqu'à nier entièrement la transmission libre de la chaleur lancée par les corps terrestres, à travers les substances diaphanes différentes de l'air atmosphérique.

Cette opinion était erronée, M. P. Prévost le démontra par un moyen très ingénieux. Ayant fixé au tuyau d'une fontaine un ajutage de deux lames parallèles, il en obtint une nappe d'eau de l'épaisseur d'un quart de ligne environ : il plaça d'un côté un thermomètre à air, et de l'autre une bougie allumée ou un fer chaud : le thermomètre monta presque toujours de quelque fraction de degré (1). Or, il est bien évident que dans ce cas, la *propagation successive* par les différentes couches de l'écran sans cesse renouvelé, ne pouvait s'effectuer : on fut donc contraint d'admettre, que les rayons de chaleur traversaient quelquefois les milieux diapha-

---

(1) *Journal de Physique, de Chimie, Histoire naturelle et des Arts*, par M. Delametherie, année 1811. — P. Prévost, *Mémoire sur la transmission du Calorique à travers l'eau et d'autres substances*, § 42 et 43.

nes autres que l'air atmosphérique d'une manière immédiate, comme cela arrive constamment pour les rayons de lumière.

Cependant le procédé de M. Prévost ne pouvait guère s'appliquer aux corps solides, et il était par conséquent impossible, de décider s'il y avait ou non du calorique transmis immédiatement dans les écrans de verre. Ce dernier problème fut résolu complètement par Delaroche, au moyen d'une méthode inventée par Maycock (1). Elle consiste à observer d'abord le thermomètre comme dans les cas précédens, c'est-à-dire, lorsque les rayons caloriques tombent sur lui après avoir traversé la lame de verre : on obtient ainsi une mesure complexe des effets produits par la transmission immédiate et par la conductibilité des couches que nous avons appelée propagation successive; il suffit de connaître l'une d'elles pour avoir la valeur de l'autre. Or, on détermine facilement l'influence de la conductibilité, en répétant l'expérience après avoir noirci avec de l'encre de Chine, la surface de la lame tournée du côté de la source calorifique; il est clair que, dans ce cas, le rayonnement immédiat étant intercepté, l'élévation de température au-delà de la lame ne pourra plus provenir que du calorique dérivé de la conductibilité des couches. Si cette quantité est moindre que la primitive, on aura une preuve certaine de transmission immédiate. C'est en effet, ce qui arriva dans presque toutes les expériences de Delaroche; je dis

---

(1) Nicholson, *A Journal of natural philosophy, chemistry and the arts*, vol. 26. May and june 1810. — J. D. Maycock, *Remarks on profess. Leslie doctrine of radiant heat.*

presque toutes, car il se trouva que la quantité de chaleur transmise librement, variait avec la température de la source calorifique : elle était nulle pour les températures inférieures à celle de l'eau bouillante, et surpassait la moitié de la quantité totale lorsqu'on employait une lampe d'Argant (1).

Il ne peut s'élever aucun doute sur la vérité de cette belle découverte de Delaroche ; et cependant la méthode qu'il a employée pour mesurer les quantités de chaleur transmises librement est loin d'être exacte, surtout lorsqu'il s'agit des températures élevées. Pour expliquer cette espèce de paradoxe, je ferai observer deux choses : 1° la différence due au changement dans l'état de surface, entre les deux quantités de chaleur qui pénètrent le verre par voie de conductibilité; 2° la différence entre ces mêmes quantités, provenant de l'interception totale ou partielle du rayonnement calorifique.

Il est bien prouvé par les expériences de Leslie et d'autres physiciens, que le verre noirci à l'encre de la Chine absorbe tous les rayons de chaleur, tandis que dans son état naturel, il en refléchit un certain nombre : donc la quantité de chaleur qui pénètre l'écran, sera plus forte dans le premier cas que dans le second. Cependant, comme le verre poli ne réfléchit qu'une très petite portion de rayons caloriques, l'erreur provenant de la différence de l'état de surface, se réduit à fort peu de chose, et peut être négligée sans inconvénient; mais il

---

(1) *Journal de Physique, de Chimie, etc.*, par Delametherie, année 1812. — Delaroche, *Observations sur le Calorique rayonnant.*

n'en est plus de même, lorsqu'on examine l'erreur produite par l'interception totale ou partielle de l'irradiation calorifique. En effet, dans certaines expériences de Delaroche, il passait immédiatement à travers l'écran naturel la moitié *au moins* de rayons incidens : ainsi, l'autre moitié *seule* était arrêtée à la première surface du verre; l'effet de conductibilité ne pouvait être attribué qu'à cette seule moitié, tandis que l'écran noirci arrêtant la totalité du rayonnement, se trouvait réellement exposé à une chaleur deux fois plus forte, et devait produire un effet de conductibilité bien supérieur au précédent. En ôtant de l'observation fournie par le verre diaphane, l'observation provenant du verre noirci, on ne pourra donc obtenir qu'un résultat inférieur à la vraie température des rayons librement transmis. Mais l'erreur ne sera pas égale dans tous les cas; d'abord nulle pour le rayonnement de l'eau bouillante, elle augmentera avec la température de la source : par conséquent, les mesures des rayonnemens libres qui auront à souffrir la plus grande diminution, seront celles appartenantes aux températures élevées; il en résulte évidemment que cette dernière cause d'erreur dans la mesure de l'irradiation immédiate, au lieu d'infirmer la loi de Delaroche, ne fait que la rendre encore plus certaine; il était donc permis de dire, comme nous l'avons avancé, que l'inexactitude de la méthode n'influe pas sur la vérité de la loi qu'elle a servi à établir.

On doit aussi à Delaroche une découverte non moins importante que la première, relativement à la différence de perte que les mêmes rayons de chaleur subissent en traversant successivement deux carreaux de verre; mais

je n'entrerai pour le moment dans aucun détail sur ce sujet, car nous aurons occasion d'en parler par la suite (1).

Dans les divers travaux que nous venons d'examiner succinctement, on ne s'est nullement occupé de la comparaison exacte entre les transmissions des rayons calorifiques par les écrans de différente nature, et si on en

---

(1) Je ne dois pas passer sous silence que malgré les résultats de Delaroche, des physiciens du plus grand mérite (et il me suffira de citer dans ce nombre Laplace et M. Brewster) ont continué à nier la transmission immédiate de la chaleur par les corps solides transparens; leur principale objection se fondait sur une expérience du même auteur, de laquelle on déduit qu'un verre épais interceptait une plus grande quantité de chaleur rayonnante qu'un verre mince, quoique sa transparence fût beaucoup plus parfaite. On persistait à voir dans ce fait la présence et l'action de la chaleur propagée successivement de l'une à l'autre surface; et on attribuait en conséquence toutes les élévations de température observées au-delà des écrans au calorique de conductibilité. Cette opinion ne peut plus se soutenir après les résultats qui m'ont été fournis par l'application du thermo-multiplicateur à ce genre de phénomènes; car on verra plus loin que l'action calorifique à travers une couche transparente est instantanée, et que le temps nécessaire à l'instrument pour en marquer l'effet total ne change ni avec la nature ni avec l'épaisseur des écrans. Que l'on reçoive sur la pile thermo-électrique les rayons directs d'une source constante de chaleur, qu'on les fasse traverser auparavant un écran diaphane quelconque d'un ou de cent millimètres d'épaisseur, l'aiguille indicatrice du galvanomètre se met en mouvement *dès que les communications sont établies*, et s'arrête après avoir parcouru un arc plus ou moins grand *dans un intervalle constant*, qui, pour mon appareil, est de 90 secondes.

excepte les expériences de M. Prévost et celles d'Herschel, dont on ne peut tirer aucune conséquence, toutes les autres ont eu pour but de déterminer les lois de la transmission dans une seule substance, le verre. On n'a pas non plus étudié l'influence de l'état de surface, de l'épaisseur des couches et de leur structure interne sur les quantités de chaleur qui les traversent librement. J'ai tâché de remplir ces différentes lacunes, mais la carrière était trop vaste pour moi; plusieurs chapitres sont restés nécessairement incomplets. J'espère pouvoir en reprendre quelques-uns par la suite, et les traiter d'une manière moins imparfaite.

En attendant, j'offre à l'Académie les résultats de mes premières recherches. Je les ai distribués en deux mémoires. Celui que je présente actuellement, contient la description de la méthode que j'ai suivie dans la mesure de la transmission calorifique, et son application au cas d'une source calorifique constante agissant sur des corps de diverse nature. J'exposerai dans le second, les faits qui tiennent à la succession des écrans et aux variations des sources.

Considérations générales sur la transmission libre du calorique à travers les corps, et sur la manière d'en avoir la mesure au moyen du thermo-multiplicateur.

Nous avons déjà observé qu'un écran de substance diaphane, placé à une certaine distance d'une source calorifique, arrête une portion des rayons qui frappent sa première surface, tandis que le reste passe librement à travers son épaisseur. Nous avons remarqué en outre qu'a-

près un certain temps, la chaleur arrêtée à la surface antérieure et accumulée par les rayonnemens successifs, parvient de couche en couche jusqu'à la seconde surface d'où elle commence à rayonner dans l'espace; et que cette irradiation se mêlant à la chaleur qui continue de traverser l'écran par voie immédiate, empêche qu'on ne puisse la mesurer avec exactitude.

Dans le cas des liquides, on peut toujours détruire l'influence de la conductibilité des couches, en renouvelant sans cesse la matière de l'écran, par des moyens analogues à la nappe d'eau de M. Prévost; mais cet artifice serait d'une application fort difficile, et souvent impossible, pour les corps solides et même pour les liquides que l'on ne peut obtenir qu'en petite quantité. Pour atteindre le même but d'une manière générale, et rendre en quelque sorte les expériences indépendantes de l'effet de conductibilité, il faut donc s'y prendre d'une autre manière.

En réfléchissant sur le mode d'échauffement de la seconde surface de la lame interposée, et sur le rayonnement qui en résulte, on voit que ce dernier a des propriétés toutes différentes de celles qui appartiennent au calorique de la transmission libre. Pour s'en convaincre, il suffit de remarquer que son action change avec la distance de l'écran à la source, ce qui n'arrive pas le moins du monde pour les rayons librement transmis. En effet, le calorique qui passe par voie immédiate se comporte comme la lumière.

Si l'on interpose entre l'œil et la flamme d'une bougie une lame de verre ou de toute autre substance plus ou moins diaphane, on obtient toujours la même diminu-

tion dans l'intensité de la lumière, quelle que soit la distance de la lame à la bougie.

Un effet semblable se produira donc sur la portion de calorique transmise librement; et si, à une certaine distance de la source active, il se trouvait un appareil thermoscopique sensible à cette seule quantité de chaleur, l'appareil donnerait toujours la même indication, soit que l'on interposât l'écran aux environs de la source, soit qu'on le plaçât tout près du thermoscope.

Mais il est clair que les choses doivent se passer de toute autre manière à l'égard du calorique de conductibilité : car cette seconde portion de chaleur, parvenue à la surface postérieure de l'écran, la quitte sous forme de rayons divergeans qui s'affaiblissent en raison de l'éloignement. En d'autres termes ; la surface postérieure étant échauffée devient une nouvelle source calorifique, dont l'intensité du rayonnement doit évidemment diminuer à mesure que la distance augmente.

On possède donc un moyen bien simple d'annuler pour ainsi dire l'influence de la conductibilité, en conservant intacte l'action du rayonnement libre. Ce moyen que tout le monde a deviné, consiste à éloigner suffisamment l'écran du thermoscope, afin que les rayons provenant de son échauffement propre, soient devenus tellement faibles qu'on puisse les négliger.

Il y a cependant des précautions à prendre, car à mesure que l'on augmente la distance de l'écran au thermoscope, on diminue la distance de la source à l'écran : celui-ci s'échauffe davantage, et rayonne avec plus de force sur l'instrument. On démontre facilement par le calcul, que l'on gagne toujours, c'est-à-dire que l'on

affaiblit de plus en plus l'influence du calorique de conductibilité, en éloignant l'écran du thermoscope, jusqu'à ce que l'on ait atteint le milieu de la distance entre le thermoscope et la source (1). Plaçons donc l'écran dans cette position, qui est la plus favorable de toutes; et nous verrons qu'alors son échauffement n'a aucune influence appréciable sur les résultats obtenus au moyen du thermo-multiplicateur (2), et d'une source dont le rayonnement soit fort affaibli par la distance.

Voici comme on dispose l'appareil : Une pile thermo-électrique d'une trentaine de couples, est fermée d'un côté et enveloppée de l'autre par un petit tube noirci dans l'intérieur afin d'éviter les réflexions. A une certaine distance, on place un grand diaphragme métallique

---

(1) Soit a la distance de la source au thermoscope, x la distance du thermoscope à l'écran, i l'intensité calorifique de la source, on aura $\frac{i}{(a-x)^2}$ pour l'expression du rayonnement qui frappe la surface antérieure de l'écran. Cette quantité deviendra $\frac{ci}{(a-x)^2}$ à la surface postérieure, c étant une constante dépendante de la conductibilité de la matière dont l'écran est formé. Enfin le rayonnement de la surface postérieure sur le thermoscope sera exprimé par $\frac{ci}{x^2(a-x)^2}$: il faut en déterminer le minimum y. Or, on obtient en différentiant $\frac{dy}{dx} = \frac{2ci(2x-a)}{x^3(a-x)^3}$; l'équation qui donne la quantité cherchée sera donc $2x - a = 0$, d'où $x = \frac{a}{2}$.

(2) Voir pour la description de cet instrument le cahier de ces *Annales*, octobre 1831.

percé dans sa partie centrale d'une ouverture égale à la section de la pile; et au-delà sur la même ligne, une lampe allumée que l'on rapproche plus ou moins, jusqu'à ce que l'aiguille indicatrice du galvanomètre marque 30° de déviation.

On intercepte ensuite le rayonnement par un écran en métal poli, que l'on place entre le diaphragme et la lampe; l'aiguille revient au zéro de sa division. Alors on établit du côté opposé du diaphragme, un support sur lequel on fixe une plaque de verre, et on pousse doucement le tout à une distance à peu près égale entre la pile et la source calorifique.

Cela posé, on ôte l'écran opaque, les rayons traversent le verre, tombent sur la pile, et font mouvoir aussitôt l'aiguille du galvanomètre : en 5″ ou 6″ elle est chassée à près de 21°,5 : mais elle se rapproche ensuite du zéro, oscille dans un arc de moins en moins étendu, et s'arrête enfin définitivement à 21°. Cette dernière déviation marque bien l'*effet total*, car on a beau prolonger l'expérience pendant 15′ ou 20′ on n'observe plus aucun mouvement perceptible.

Le temps que l'aiguille emploie pour parvenir à sa position d'équilibre stable, est d'une minute et demie (1).

---

(1) Quoique la vitesse de propagation du calorique rayonnant soit inconnue, on est bien sûr toutefois, par les expériences de Saussure et Pictet, que cet agent parcourt des espaces de 50 à 60 pieds dans un instant inappréciable. D'après cela on pourrait demander pourquoi notre appareil n'indique pas instantanément la présence et l'intensité des rayons lancés par la source. Je réponds d'abord que l'index du galvanomètre dévie à l'instant même où les communications calorifiques sont établies, et

Lorsqu'on répète l'expérience sur d'autres lames de verre, ou d'une substance diaphane quelconque ayant des épaisseurs très différentes, depuis un centième de ligne jusqu'à cinq à six pouces, le galvanomètre donne des dé-

---

nous venons de voir qu'il parcourt en 5 ou 6″ la presque totalité de l'arc de déviation; s'il exige quelques secondes de plus pour marquer l'action entière d'une manière stable, c'est que, l'excellente conductibilité du bismuth et de l'antimoine et le grand pouvoir absorbant et émissif de leurs surfaces noircies, il faut toujours un certain intervalle avant qu'il s'établisse l'égalité d'échange pour les rayons qui entrent dans la pile et ceux qui en sortent ou qui restent anéantis dans l'intérieur.

Mais le temps nécessaire à l'équilibre définitif est bien plus grand pour les thermoscopes ordinaires. En effet, que l'on soumette à l'action d'un rayonnement calorifique un thermoscope de Rumford des plus délicats, à boule noircie, couvert d'une enveloppe métallique percée du côté de la source, on trouvera que le temps nécessaire pour marquer l'effet total est quatre à cinq fois plus long que pour le thermo-multiplicateur. Ce retard résulte des difficultés qu'éprouve *la chaleur de conductibilité* dans son passage à travers le verre et dans sa distribution uniforme sur tous les points de la masse d'air intérieur, distribution qui doit nécessairement s'opérer à cause de la fluidité du corps thermoscopique.

L'interposition du verre produit encore un autre inconvénient qui ne peut avoir lieu dans le thermo-multiplicateur, c'est-à-dire un intervalle sensible entre le moment où l'action commence et celui où elle se manifeste sur l'instrument, car il faut toujours un certain temps pour que la chaleur passe de l'une à l'autre surface.

Je ne parle pas ici du calorique qui pourrait parvenir directement à l'air par la transmission libre à travers les parois diaphanes de l'enveloppe, car lorsqu'il s'agit d'évaluer les inten-

viations plus ou moins grandes que 21° ; mais le temps nécessaire pour atteindre dans chaque cas la position d'équilibre, est toujours le même. Enfin, si on note le temps qu'il faut à l'aiguille pour arriver à 30°, lorsque les rayons tombent directement sur la pile, on le trouve encore d'une minute et demie.

La constance d'un tel intervalle dans des circonstances

---

sités des rayons caloriques au moyen des thermoscopes, il faut de toute nécessité noircir le verre et le rendre même très opaque en y superposant plusieurs couches de matière colorante; sans cela une partie des rayons traverserait librement la masse d'air contenue dans la boule sans y produire la moindre dilatation.

Dans les thermoscopes ordinaires, on mesure donc *toujours* le rayonnement à travers une lame de verre opaque ; cette lame, telle mince qu'elle soit, doit présenter une grande résistance à la propagation de la chaleur par sa mauvaise conductibilité, et produire en conséquence l'insensibilité de l'appareil pendant les premiers instans de l'action, comme nous venons de le dire. Remarquons, en outre, que plus on cherche à augmenter la *sensibilité* du thermoscope en donnant de plus grandes dimensions aux boules, plus on diminue la *promptitude* de ces indications, car l'accroissement de volume est proportionnellement plus fort que l'augmentation de la partie de surface tournée vers la source, et la masse de l'air intérieur augmente plus en proportion que les points du verre qui peuvent lui communiquer la chaleur acquise : de là une plus grande difficulté pour atteindre l'instant d'égale température dans tous les points de la masse fluide, c'est-à-dire un intervalle plus grand pour marquer l'effet total.

Enfin, les thermoscopes ne peuvent plus s'employer lorsqu'il s'agit de mesurer des rayons caloriques extrêmement faibles, distribués selon des lignes données ou formant des faisceaux de

si variées, montre avec la dernière évidence, que les déviations du galvanomètre sont dues exclusivement à de la chaleur qui arrive sur la pile, par le seul mode de transmission instantanée; d'où la conséquence que, dans la disposition que nous avons adoptée, l'échauffement propre du corps diaphane n'exerce aucune action appréciable sur l'instrument.

Mais on peut avoir une preuve directe de cette proposition, en opérant sur des écrans opaques.

Je prends une lame de verre d'un millimètre d'épaisseur, je la noircis d'un côté, et la substitue à la plaque de verre diaphane, en tournant la face noircie vers la lampe : l'aiguille reste stationnaire quoique les rayons caloriques tombent sans cesse sur la face antérieure. Il y a encore immobilité dans l'aiguille, si j'emploie pour écran une lame de cuivre couverte de couleur noire sur les deux surfaces, ou bien une plaque mince de bois, ou enfin une simple feuille de papier.

Ainsi, quand même on supposerait l'écran diaphane, doué d'un grand pouvoir absorbant et émissif, très-mince, et excellent conducteur du calorique, l'élévation de température qu'il pourrait acquérir pendant l'expé-

---

très-petite étendue. En effet, pour atteindre le but, il faudrait conserver toute la sensibilité de l'instrument en réduisant de beaucoup les dimensions des boules, ce qui est impossible.

Si l'on veut bien prendre la peine de refléchir mûrement à ces diverses considérations, il me semble que dans l'étude des rayonnemens calorifiques, on ne peut hésiter un seul instant à donner la préférence au thermo-multiplicateur sur tous les anciens appareils thermoscopiques.

rience, ne fournirait pas de rayons assez énergiques pour faire mouvoir l'index du galvanomètre.

Au premier abord, on est surpris de voir des rayons caloriques capables de donner une déviation de 30°, ne produire plus aucun effet lorsqu'ils sont absorbés par l'écran, qui doit nécessairement lancer vers l'appareil la chaleur acquise : mais l'étonnement cesse quand on réfléchit que cette chaleur est lancée également dans toutes les directions par chaque point de l'écran échauffé, et que par conséquent une très petite fraction du rayonnement total arrive sur le corps thermoscopique.

Nous verrons plus tard que la face antérieure de la pile, n'a pas six centimètres carrés de surface; et que sa distance à l'écran est de 14 à 15 centimètres. Avec ces données, en supposant même que les 30° de chaleur soient complètement absorbés par l'écran et transmis ensuite dans l'espace, on trouve que la quantité de rayons qui parviennent au corps thermoscopique, ne s'élève pas à la six centième partie de la quantité totale : mais le galvanomètre dont je me sers, ne peut marquer tout au plus que la cent cinquantième partie de la force qui pousse l'aiguille à 30°. Ainsi, quand même l'instrument serait capable de dévoiler la présence d'une chaleur quatre fois plus faible, il n'y aurait aucune action sensible.

Les expériences que je viens de décrire, me paraissent ne pouvoir laisser le moindre doute sur la vérité de la proposition que j'ai annoncée tout à l'heure, savoir que dans ma manière d'opérer la déviation du galvanomètre, provient entièrement de la chaleur qui traverse l'écran d'une manière immédiate. Cependant il faut bien que

ces preuves, si concluantes à mon avis, n'aient point produit d'abord le même effet sur la conviction de certains esprits; car j'ai trouvé des personnes qui m'ont dit : — Nous accordons que la déviation de 21° obtenue à travers l'écran, ne provient pas du calorique propagé par conductibilité de la surface antérieure à la surface postérieure, mais on peut soutenir qu'elle dérive d'une chaleur portée instantanément, comme la lumière, sur tous les points de la masse du verre. Avant d'admettre un tel mode de transmission, il me semble que l'on devrait en démontrer l'existence par quelque expérience décisive : mais supposons-le vrai; alors de deux choses l'une : ou les molécules du verre acquièrent sous l'action de la source, des modifications qui les rendent capables de devenir elles-mêmes autant de centres calorifiques, pour rentrer de nouveau dans leur état naturel quand on supprime le rayonnement : ou cette chaleur, que vous supposez portée dans les points matériels de l'écran, n'est que du calorique ordinaire qui obéit aux lois connues de l'équilibre. Dans le premier cas, c'est vouloir expliquer la cause même de la transmission, et l'hypothèse, vraie ou fausse, n'infirme en aucune manière le fait que nous voulons établir. Dans le second cas, il faudra que cette chaleur arrivée dans l'intérieur du corps, emploie un certain temps pour en sortir : il faudra en outre que ce temps de refroidissement varie avec l'épaisseur de l'écran, avec sa conductibilité, et son pouvoir émissif. Mais interceptons la communication calorifique dans notre appareil, ôtons l'écran diaphane de son support, et exposons-le pendant quelques instans au rayonnement libre de la lampe, au-delà du diaphragme.

Si la supposition est vraie, les molécules internes du verre vont acquérir instantanément de la chaleur. Pour voir si cette chaleur existe réellement, remettons l'écran sur le support en face de la pile, en laissant toujours interceptée la communication calorifique avec la lampe. La surface postérieure de la plaque de verre, se mettra aussitôt à rayonner vers la pile, le calorique qui, d'après l'hypothèse, lui parviendra successivement des parties internes, et l'index du galvanomètre devra sortir de sa position naturelle d'équilibre. Or, en faisant cette expérience sur des écrans d'une nature et d'une épaisseur quelconque, on n'obtient jamais le moindre indice de mouvement dans l'aiguille aimantée : donc il reste complètement démontré que les déviations galvanométriques, dans les expériences où l'on emploie des écrans diaphanes, ne sont point dues le moins du monde à la chaleur propre de l'écran, intérieure ou extérieure; elles proviennent donc entièrement de la transmission libre. Ainsi, toutes les fois qu'en faisant tomber sur un écran la chaleur rayonnante de notre source, on verra paraître une déviation dans le galvanomètre, on sera bien sûr que *la totalité* de l'effet produit, dérivera des rayons de chaleur qui le traversent immédiatement à la manière des rayons lumineux.

Avant de quitter ces considérations préliminaires, je ferai encore deux remarques, savoir : 1° que les galvanomètres très sensibles, comme ceux qu'il faut employer dans le thermo-multiplicateur, ne donnent pas directement des quantités plus petites que les demi-degrés; 2° que les rapports entre les degrés du galvanomètre et les forces de déviation sont inconnus.

Or, il est souvent utile d'avoir les fractions plus petites que le demi-degré, et dans certaines circonstances, il faut absolument connaître les rapports de grandeur entre les actions calorifiques qui poussent les aiguilles aimantées à différentes distances de leur position primitive.

Pour avoir les fractions cherchées, il suffit de prendre les moyennes d'un certain nombre d'observations.

Quant à la relation qui existe entre les déviations et les forces, il est très difficile, et peut-être impossible de la déterminer généralement dans l'état actuel de la science : mais les piles électriques semblables à celles dont il faut se servir pour la construction du thermo-multiplicateur, fournissent un moyen assez simple de résoudre la question dans chaque cas particulier.

En effet, rien n'est plus facile que de maintenir l'aiguille indicatrice du galvanomètre à un degré quelconque de déviation : il suffit pour cela de placer une lampe allumée à une distance convenable de l'une ou de l'autre face de la pile thermo-électrique.

Pour fixer les idées, supposons l'axe de la pile perpendiculaire au méridien magnétique, et les communications tellement établies, qu'à l'échauffement de la face gauche ou droite de la pile, corresponde une déviation dans le même sens sur le galvanomètre.

Cela posé, que l'on produise une déviation assez forte en approchant convenablement une lampe du même côté; soit cette déviation de 44°. Après avoir ramené l'aiguille à 0° par l'interposition d'un écran métallique, qu'on la fasse passer à 42° de déviation gauche par le moyen d'une seconde lampe placée de l'autre côté. Pour

reconduire l'aiguille au zéro de l'échelle, il suffira d'arrêter le rayonnement calorifique par un écran métallique comme dans le cas précédent.

Qu'arrivera-t-il maintenant lorsqu'on fera tomber à la fois la chaleur des deux lampes sur les faces opposées de la pile? Les effets calorifiques se détruiront en partie, et l'instrument n'en marquera plus que la différence. S'il fallait toujours le même effort pour faire parcourir successivement au système des aiguilles des arcs composés d'un même nombre de degrés, l'index s'arrêterait à 2° de déviation droite; mais on sait que dans le galvanomètre ces effets vont en croissant à mesure que l'on s'éloigne du 0°. Les deux degrés de différence qui existaient tantôt entre les déviations partielles de 44° et 42° provenaient d'une force plus grande que celle qui est nécessaire pour faire parcourir à l'aiguille indicatrice les deux premiers degrés de l'échelle. La position de 2° sera donc surpassée, et d'autant plus que la première force sera plus grande que la seconde : l'arc parcouru, comparé à la différence des deux déviations, donnera donc immédiatement la mesure de la force correspondante. Si, par exemple, l'aiguille s'arrête à 8°, on en concluera que l'effort nécessaire pour faire passer l'aiguille de 42° à 44° est quatre fois plus grand que celui qu'il faut employer pour le faire passer de 0° à 2°. Cet effet serait cinq fois plus grand si l'aiguille s'arrêtait à 10°, et ainsi de suite.

Je ne dissimulerai pas que dans l'emploi de ce procédé on suppose tacitement la proportionnalité des degrés aux forces dans l'arc qui sert de mesure comparative; mais cette supposition est pleinement justifiée par l'expérience, car on trouve que dans les galvanomètres

dont le système astatique est d'une grande perfection, les aiguilles aimantées décrivent des arcs proportionnels aux actions qu'elles éprouvent de la part des courans électriques dans toute l'étendue de l'arc compris entre 0° et 20° environ. Pour s'en convaincre, il n'est pas nécessaire de passer successivement en revue tous les degrés qui concourent à la formation de cet arc, il suffit d'appliquer notre méthode aux angles de 20° et de 10° : on trouvera une quantité égale entre leur différence et l'effet résultant de l'action simultanée des forces motrices. En d'autres termes, que l'on produise une déviation droite de 20° et une direction gauche de 10°, qu'on laisse tomber ensuite simultanément sur les faces opposées de la pile les deux rayonnemens qui donnent lieu à ces indications galvanométriques, l'index marche sur la droite et s'arrête précisément à 10°. Donc la force nécessaire pour faire parcourir à l'aiguille l'arc compris entre 10° et 20°, est égale à la force qu'il faut employer pour lui faire décrire les dix premiers degrés de l'échelle; ainsi la proportion des degrés aux forces s'étend sensiblement jusqu'à 20° de chaque côté de 0°.

Ce fait semble contraire aux inductions que l'on aurait pu tirer en examinant la nature des actions galvanométriques, car dans la rotation successive du système astatique les pôles des aiguilles aimantées s'éloignent de la ligne mitoyenne des courans électriques. L'intensité des forces répulsives va donc en diminuant à mesure que l'angle de déviation augmente, d'où la conséquence que l'effort nécessaire pour éloigner les aiguilles d'un arc donné devrait changer dès les premiers degrés de l'échelle. Cela aurait lieu indubitablement si tous les

courans électriques se trouvaient compris dans un plan vertical passant par la ligne du 0° ; mais les circonvolutions du fil métallique qui enveloppe le châssis placé au-dessous du cercle gradué, sont distribuées sur une certaine étendue de chaque côté de ce plan. Dans le galvanomètre dont je me suis servi pour mes expériences, elles couvrent les deux arcs opposés de 76°, dont les cordes sont perpendiculaires à la ligne du 0°. Ainsi tant que les oscillations se feront entre certaines limites d'amplitude, il y aura toujours des courans électriques situés de chaque côté des aiguilles. Or, lorsque l'intensité de ces courans est excessivement faible, leur effet sensible sur les aiguilles doit cesser à une très petite distance. Supposons que cette distance soit de 18° de la division du galvanomètre pour les actions électriques d'où proviennent les déviations droites ou gauches des vingt premiers degrés de l'échelle; actions qui, dans un galvanomètre très délicat, doivent être d'une faiblesse extrême. Si le système des aiguilles ne sort pas des deux arcs initiaux de 20° pendant ces oscillations, il est clair qu'il éprouvera toujours la même action, quelle que soit la position où il se trouve placé. Car il y aura toujours près de son plan une série de courans qui s'étendra à 18° de chaque côté, lors même que le système occupera les limites extrêmes. Quant à l'influence des courans plus éloignés, elle sera nulle d'après notre hypothèse.

La force motrice aura donc une valeur constante, et il ne restera plus à considérer que les modifications introduites dans la partie active de cette force par la différente inclinaison des aiguilles sur la direction des courans, modifications tout-à-fait analogues à celles qui ont

lieu dans la portion de pesanteur agissante sur le pendule à différentes amplitudes d'oscillations.

Or, la force nécessaire pour faire monter le pendule de l'une à l'autre inclinaison est proportionnelle à la différence des cosinus que les deux directions forment avec la verticale, d'où il résulte qu'elle demeure sensiblement constante dans les arcs qui ne s'éloignent pas beaucoup de la ligne de repos. Le même effet devra donc se reproduire sur le galvanomètre, c'est-à-dire que dans cet appareil l'effort nécessaire pour augmenter d'un degré la déviation de l'index sera constant dans les angles rapprochés du zéro, comme cela résulte de l'expérience.

D'après ce que nous venons de dire, on comprendra aisément que la relation entre les degrés du galvanomètre et les forces qui donnent lieu aux déviations des aiguilles doit dépendre de la sensibilité du système astatique et de la distribution du fil métallique sur les châssis (1). Elle variera donc avec la construction de l'instrument, mais on pourra toujours la déterminer par la méthode que nous avons indiquée.

---

(1) Pour le bien concevoir, il suffit de supposer un galvanomètre où les circonvolutions du fil seraient entassées en plus grand nombre vers les bords que vers la partie centrale : il est clair que sous l'action d'un tel système les forces qui produisent les déviations, au lieu d'être croissantes ou simplement proportionnelles aux angles dans les arcs voisins du zéro, diminueraient à mesure que l'on l'approcherait des bords du châssis, pour augmenter ensuite lorsque l'aiguille indicatrice aurait dépassé ces positions.

Quant à l'influence de la sensibilité du système astatique, on s'en formera une idée précise en imaginant un galvanomètre

L'expérience m'ayant démontré que dans mon galvanomètre, la proportion des degrés aux forces avait lieu sensiblement jusqu'à 20° de l'échelle, j'ai étudié la marche de l'index de 4° en 4°, en partant de cette position et en poussant les observations jusqu'à 44°. Je me suis arrêté là, car mes expériences de transmission calorifique ne devaient avoir lieu que sur des rayonnemens fort affaiblis par la distance.

---

dont les deux aiguilles possèdent un degré de magnétisme très différent. Alors le globe terrestre exercera sur leur ensemble une action très forte, et pour produire les moindres déviations, il faudra employer des courans électriques beaucoup plus intenses que ceux qui donnent lieu aux petites déviations d'un système astatique plus parfait : dans les positions rapprochées du zéro, l'action électro-magnétique provenant des courans les plus éloignés, c'est-à-dire l'action des courans situés sur les bords du châssis aura pour le moins une énergie suffisante pour vaincre la résistance qui se compose de la torsion du fil de suspension et de l'inertie du système astatique ; elle contribuera donc toujours au mouvement de la masse oscillante. Cela posé, il est évident que le moindre déplacement des aiguilles causera une perte dans la force motrice ; car si le système s'approche d'un certain arc à un certain bord, il s'éloigne en même temps d'une quantité double du bord opposé. Or nous venons de voir ci-dessus que dans les galvanomètres délicats, la force motrice se conserve constante pour les petits angles, et nous en avons donné la raison en partant du principe incontestable que dans les petites déviations de l'instrument, l'action des courans électriques situés vers les extrémités du châssis doit être négligée, non pas précisément pour avoir une valeur nulle, mais parce que à cause de l'éloignement elle devient excessivement faible et incapable de surmonter les obstacles que lui opposent la torsion du fil de soie et l'inertie des aiguilles.

Les arcs parcourus, en vertu des forces qui agissent sur le système des aiguilles aux différens points de sa course ont entre eux les relations suivantes :

L'arc compris entre	20°	et	24°	équivaut à	5°,12	en partant de 0°.
	24°	et	28°		6°,44	
	28°	et	32°		8°,00	
	32°	et	36°		9°,92	
	36°	et	40°		12°,44	
	40°	et	44°		19°,04	

Chaque numéro de la troisième colonne représente la moyenne de huit observations qui s'accordaient toutes entre elles avec le degré de précision que l'on devait attendre d'après la nature de l'instrument. Souvent égales, quelquefois différentes de 0°,5, leurs plus grands écarts n'ont jamais surpassé 1°. C'est la meilleure preuve que l'on puisse donner de l'exactitude de la méthode.

La construction graphique de ces résultats, qui donne une courbe très régulière dont la convexité est tournée vers l'axe des x, m'a fourni les valeurs des forces intermédiaires de degré en degré, depuis 20° jusqu'à 45°. En les réunissant aux observations fondamentales, j'en ai formé la table suivante des intensités.

DEGRÉS.	FORCES.	DEGRÉS.	FORCES.	DEGRÉS.	FORCES.
20°	20,0	29°	33,4	38°	55,4
21	21,1	30	35,3	39	58,5
22	22,3	31	37,4	40	61,9
23	23,7	32	39,6	41	65,5
24	25,1	33	41,8	42	69,3
25	26,6	34	44,1	43	73,4
26	28,2	35	46,7	44	78,0
27	29,9	36	49,5	45	83,2
28	31,6	37	52,4		

L'usage d'un tel tableau n'a pas besoin d'explications. Toutes les forces sont rapportées à celle qui fait parcourir à l'index le premier degré de l'échelle. On n'y trouve pas les valeurs correspondantes aux vingt premiers degrés ; car, dans toute l'étendue de cet arc, le nombre qui représente la force est égal au nombre de degrés contenus dans l'arc parcouru. Ainsi, lorsqu'on cherchera, par exemple, les forces qui donnent lieu aux déviations 35° et 16°, la première sera fournie par la table, et aura pour valeur 46,7 ; la seconde, étant inférieure à 20°, aura la même valeur que l'arc, c'est-à-dire 16. Lorsqu'il s'agit d'avoir les forces correspondantes aux fractions de degré, il n'y a qu'à calculer la partie proportionnelle du degré en question ; car, dans l'intervalle d'un degré à l'autre, la courbe se confond sensiblement avec la tangente. Si on veut connaître, par exemple, la force correspondante à la déviation 31°,7, il suffit de prendre d'abord la différence entre 37,4 et 39,6, intensités des forces appartenant à 31° et 32° ; cette différence étant 2,2, on trouvera la valeur x, de la force correspondante aux sept dixièmes du degré compris entre 31° et 32° par la proportion :

$$1^{\circ} : 0^{\circ},7 :: 2,2 : x = 1,5.$$

En ajoutant ensuite cette quantité au nombre qui représente la force de 31°, qui est 37,4, on aura 38,9 pour la valeur cherchée.

Du poli, de l'épaisseur et de la nature des écrans.

Les notions que nous avons présentées sur la manière

d'obtenir, au moyen du thermo-multiplicateur, la mesure du calorique immédiatement transmis par les corps diaphanes, et les précautions à prendre pendant les expériences, ne nous laissent presque plus rien à dire sur ce sujet. Cependant nous nous permettrons encore quelques détails de construction avant de passer à l'exposition des résultats.

La pile employée dans ces recherches a la figure d'un faisceau carré : ses deux bouts forment des surfaces planes de 4,24 centimètres chacune : elle se compose de 27 couples et demi, ou 55 élémens de bismuth et d'antimoine, ayant 32 millimètres de longueur sur 2,5 de largeur et 1 d'épaisseur. Ce n'est pas sans peine que nous sommes parvenus à construire ces minces barreaux et à les souder ensemble. La facile oxidation de l'antimoine liquide, sa différence de fusibilité avec le bismuth, et l'extrême fragilité des deux métaux, formaient autant d'obstacles que l'on n'a pu surmonter qu'après plusieurs essais infructueux. Mais de fort petites dimensions dans la pile étaient indispensables pour étudier les lois de la transmission immédiate par les liquides rares et les corps cristallisés : il fallait atteindre le but ou renoncer aux expériences. Cette réflexion a soutenu nos efforts; en redoublant de patience nous avons vaincu l'obstacle.

Le faisceau électrique est passé dans un anneau formé avec une plaque carrée en cuivre mince intérieurement garnie de carton, et portant une vis qui sert à le fixer sur le support; de manière que l'axe prend naturellement la position horizontale qu'il doit conserver pendant la plus grande partie des expériences. A chaque

côté de l'anneau on adapte un tube de 6 centimètres de longueur, noirci dans sa partie interne, et à une certaine distance des ouvertures, les supports destinés à recevoir les écrans. A la rigueur, un seul tube et un seul support suffiraient, et on pourrait fermer un des côtés de la pile par un couvercle métallique ; mais lorsqu'il s'agit d'opérer sur des corps de nature et d'épaisseur différentes, il arrive souvent que leurs températures ne sont égales ni entre elles, ni au degré de chaleur que possède la pile; alors si on place un seul écran en présence de l'appareil il y a une action calorifique inégale aux deux faces, l'aiguille indicatrice du galvanomètre s'éloigne du zéro, et il faut attendre un temps plus ou moins long pour que l'équilibre de température soit établi, et l'aiguille ramenée à sa position primitive.

Or, cet inconvénient n'a plus lieu lorsque la pile est munie de deux tubes et de deux supports, car en posant au-devant de chaque face une lame de même nature et épaisseur, il est clair que, si on a eu soin de laisser préalablement ces deux lames dans les mêmes circonstances, elles seront douées de la même température, et que par conséquent elles enverront sur les faces correspondantes de la pile la même quantité de chaleur ; l'index du galvanomètre restera donc immobile, quelle que soit la différence de température entre les lames et le corps thermoscopique ; ce qui permettra de procéder immédiatement aux expériences. Ainsi, lorsqu'on veut épargner du temps, il convient toujours d'avoir un couple de chaque espèce d'écran, et de monter également la pile des deux côtés, comme nous venons de le dire.

Pour connaître l'influence exercée sur la transmission libre par les diverses circonstances relatives à la surface, au volume et à la composition des écrans, il faut nécessairement se procurer une source constante de chaleur. A cet effet, rien de mieux qu'une bonne lampe à double courant d'air et à niveau constant; lorsque ces appareils sont bien préparés et remplis d'huile privée de mucilage par l'acide sulfurique, on en obtient une flamme qui se conserve à une température invariable pendant plus de deux heures : j'ai pu m'en assurer avec une grande exactitude par les indications du thermo-multiplicateur. Il est évident que pour arriver à cet état normal il faut attendre quelques instans pour donner au bec, à l'huile et à la cheminée de verre le temps de parvenir à leur *maximum* de température. Ce temps qui varie un peu avec la construction des lampes est de 10 à 15 minutes.

L'emploi d'un Argant comme source calorifique peut donner lieu à quelques objections. On dira peut-être que dans cette sorte de lampe l'action ne s'exerce qu'à travers la cheminée de verre; que cette même cheminée s'échauffe, et mêle ses rayons de chaleur obscure au calorique lumineux lancé par la flamme, et qu'enfin une telle source de chaleur n'est ni uniforme ni séparée de l'agent qui l'accompagne ordinairement dans les températures élevées.

Mais je ferai observer que la seule chose qui nous intéresse maintenant, c'est de savoir si l'état de surface, l'épaisseur, la couleur et la structure interne d'un corps, ainsi que sa composition chimique, exercent une action

quelconque sur la quantité de chaleur qu'il peut transmettre immédiatement ; et, sous ce point de vue, l'origine et les qualités des rayons caloriques nous deviennent indifférentes ; il nous suffit que ces rayons soient invariables, identiques dans toutes les circonstances où ils sont employés. Or, cela arrive réellement pour les rayons provenant de la flamme bien entretenue d'un quinquet placé à une distance fixe.

Quand nous aurons trouvé les rapports des quantités de chaleur transmises par les écrans de différentes espèces sous l'influence d'une source constante, nous examinerons, conformément à ce qui a été dit dans l'introduction, les changemens que ces rapports subissent par la variation des sources.

Toutes nos expériences de comparaison ont été faites sous le même rayonnement calorifique. Avant de commencer chaque série, on laissait tomber les rayons directement sur la pile, et on modifiait la distance de la lampe jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre se fixât constamment à 30° de l'échelle.

Nous avons déjà remarqué dans les considérations préliminaires que toutes les parties externes du thermoscope se trouvent à l'abri des rayons caloriques, moyennant un grand écran de métal poli, percé dans sa partie centrale correspondante à l'ouverture de la pile tournée vers la lampe.

Pour établir ou intercepter d'une manière sûre et commode la communication entre cette ouverture et la source de chaleur, on se sert d'un écran mobile en cuivre à deux ou trois lames parallèles fixées sur un même pied.

Le côté de la pile opposé à la lampe peut aussi se fermer et s'ouvrir par un écran tout-à-fait pareil, et voici dans quel but :

Lorsque, après avoir observé l'effet d'un rayonnement quelconque, on intercepte l'action de la source, il faut attendre que la face de la pile, sur laquelle ont dardé les rayons de chaleur, soit revenue à son état naturel avant de passer à une seconde observation. Or, il paraît que la chaleur lancée par la flamme pénètre plus facilement dans l'appareil qu'elle n'en sort par sa tendance naturelle à l'équilibre : du moins l'expérience démontre que le temps dans lequel se fait la déviation est au temps nécessaire pour que l'aiguille reprenne exactement sa position primitive, comme 1 à 5 environ; car ce dernier est de 7 à 8′, et nous avons vu que la déviation totale se produit en une minute et demie. Quelle que soit la cause de cette différence dans les deux époques d'échauffement et de refroidissement, toujours est-il que 8′ d'attente sont nécessaires pour passer de l'une à l'autre expérience, quand on se borne à placer le premier écran mobile devant la source rayonnante. Mais que l'on ouvre le côté opposé de la pile et que l'on approche une bougie allumée de la face correspondante, il est clair qu'en tenant cette bougie pendant quelques instans à une distance convenable, et en interceptant ensuite la communication, on forcera l'aiguille à revenir au zéro dans un intervalle de temps moindre que 8′. Ces opérations ne pourraient avoir lieu si le côté de la pile opposé à la lampe était hermétiquement fermé. Le second écran mobile sert donc à abréger la durée des expériences : il est particulièrement utile

lorsque l'action calorifique a été très forte ou très prolongée, comme cela arrive quelquefois dans les premiers essais d'ajustement; alors des portions de chaleur pénètrent la pile à une grande profondeur, et ne peuvent revenir sur leurs pas que dans un intervalle de temps assez considérable. Avant que j'eusse pensé à ce simple moyen de correction, la difficulté de rétablir l'équilibre entre les deux extrémités de la pile, ainsi que celle dont j'ai parlé tout-à-l'heure relativement à la diverse température des écrans et de l'appareil, m'obligeaient souvent à passer 15 à 20 minutes dans l'inaction entre deux observations consécutives.

Quand un sujet quelconque de recherches exige de nombreuses expériences, il faudrait tâcher dès les premiers pas de ne rien négliger de tout ce qui peut conduire à les rendre plus expéditives; car les moindres retards dérivés d'une imperfection de méthode, en s'accumulant peu à peu, finissent par former des journées employées en pure perte. Cependant l'attention, absorbée par le sujet principal, ne se dirige point d'abord sur les petits défauts. On s'en aperçoit enfin, et l'on y porte remède lorsqu'il n'est presque plus temps d'en profiter; mais le résultat de l'expérience n'est pas perdu, puisqu'il peut devenir plus ou moins utile dans des circonstances analogues. Cette considération me servira d'excuse pour la longueur des détails où je suis entré.

Le premier problême qui se présente dans la série des questions relatives au passage de la chaleur rayonnante à travers les corps solides, c'est de déterminer l'influence que le degré de poli exerce sur la quantité de rayons transmis. Pour le résoudre, il n'y a qu'à

appliquer notre méthode thermométrique à plusieurs écrans parfaitement semblables en tout, l'état de la surface excepté.

Sur un verre de glace très pur, de 9 millimètres d'épaisseur, j'ai coupé huit petits morceaux assez grands pour couvrir l'ouverture centrale de l'écran lorsqu'ils étaient placés sur le support, et après avoir ôté l'étamage, je les ai usés avec du sable, de l'émeri ou d'autres substances, de manière à former par leur succession une série complète de surfaces planes plus ou moins finement travaillées, depuis le premier dégrossage jusqu'au poli le plus parfait. Ces différentes pièces, réduites à une épaisseur commune de $8^{mm},371$ (1) et soumise à un rayonnement de 30° du thermo-multiplicateur, m'ont donné les résultats suivans :

NUMÉROS D'ORDRE.	DÉVIATIONS DU GALVANOMÈTRE.
1 translucides.	5°,38
2 *id*.	6°,50
3 *id*.	8°,66
4 louche.	12°,58
5 *id*.	14°,79
6 légèrement louche.	17°,42
7 transparent.	18°,79
8 *id*.	19°,15

(1) Toutes les mesures des petites épaisseurs contenues dans ce mémoire ont été prises avec un *calibre à pivots*, espèce de double compas à ressort et à bras inégaux employé dans les fabriques d'horlogerie. Cet instrument mesure directement et avec beaucoup d'exactitude jusqu'à la quarante-huitième partie d'une ligne.

Ces transmissions ne présentent rien d'extraordinaire : la quantité de chaleur qui traverse immédiatement le milieu est d'autant plus grande que la surface est plus finement travaillée, conformément à ce qui arrive pour la lumière. On peut remarquer seulement que, dans les hauts degrés de poli, une légère différence produit un effet très faible ; cela résulte évidemment des observations faites sur les numéros 7 et 8.

Des procédés analogues vont nous servir pour déterminer l'influence de l'épaisseur qui constitue un des élémens les plus essentiels à connaître dans la théorie de la transmission.

Quatre pièces tirées d'un beau verre de glace furent réduites très exactement aux rapports d'épaisseur 1, 2, 3, 4 : on eut bien soin de donner un parallélisme parfait, et le plus haut degré possible de poli à leurs principales surfaces. Voici les déviations qu'elles imprimèrent successivement à l'index du galvanomètre, sous l'action du même rayonnement de 30° :

ÉPAISSEURS des ÉCRANS EN MILLIMÈTRES.	DÉVIATIONS du GALVANOMÈTRE.	FORCES CORRESPONDANTES.
2,068	21°,625	21,850
4,136	20°,312	20,343
6,202	19°,687	19,687
8.272	19°,375	19,375

Chaque nombre de la seconde colonne est déduit de quinze observations : les quantités désignées sous le nom de forces, représentant dans ce cas particulier les tem-

pératures ou les quantités de rayons transmis, ont été calculées d'après les principes que nous avons exposés à la fin des considérations générales. La force ou température correspondante à 30°, donnée par la table des intensités, est 35,3 ; donc en divisant chaque nombre de la troisième colonne par 35,3 , on obtiendra les rapports des rayonnemens transmis au rayonnement incident : la différence entre chacun de ces quotients et l'unité donnera la perte correspondante , c'est-à-dire la partie proportionnelle des rayons arrêtés. En effectuant ces opérations, et en représentant par 1000 le rayonnement total, on obtient :

Tableau A.

NUMÉROS D'ORDRE DES ÉCRANS.	RAYONS TRANSMIS.	RAYONS ARRÊTÉS.
1	619	381
2	576	424
3	558	442
4	549	451

Supposons l'écran de plus grande épaisseur divisé par la pensée en quatre couches égales; les quantités de chaleur incidentes sur chacune d'elles seront :

1000 619 576 558

et les quantités perdues dans les traversées successives des quatre intervalles :

381 424-381 442-424 451-442

c'est-à-dire :

381 43 18 9

On aura donc pour les pertes respectives rapportées aux quantités incidentes :

$\frac{381}{1000}$	$\frac{43}{619}$	$\frac{18}{576}$	$\frac{9}{558}$

ou :

0,381	0,071	0,031	0,016

Ainsi les pertes vont en diminuant avec une grande rapidité à mesure que l'épaisseur augmente d'une quantité constante.

Nous avons vu que l'action d'un rayonnement sur le thermo-multiplicateur, commence à l'instant où les communications sont établies, produit la plus grande partie de son effet dans les 5 ou 6 premières secondes, et cesse totalement après une minute et demie. Ces faits ayant lieu également pour les rayons directs et pour ceux qui arrivent sur la pile après avoir traversé des écrans d'une épaisseur quelconque, constituent la meilleure preuve de la transmission rayonnante du calorique dans l'intérieur des corps diaphanes. Cependant, si on désirait une nouvelle confirmation de cette vérité, on la trouverait dans la diminution successive des pertes que les rayons subissent en traversant les différentes couches d'un milieu transparent. Si la chaleur, qui fait l'objet de nos recherches actuelles, provenait d'une espèce de conductibilité, les pertes de l'une à l'autre tranche iraient en augmentant ou demeureraient invariables, dès que les rayons pénétreraient dans le milieu ; jamais elles ne pourraient suivre la loi opposée du décroissement.

La progression décroissante des pertes est d'ailleurs toute particulière au rayonnement calorifique, qui en

cela, comme sur beaucoup d'autres points, s'écarte totalement des propriétés que manifeste le rayonnement lumineux. En effet, tout nous porte à croire que les couches égales qui se succèdent dans un milieu diaphane, exercent la même action sur les rayons de lumière qui se présentent pour les traverser successivement, et que par conséquent elles absorbent ou réfléchissent une quantité de lumière toujours proportionnelle à l'intensité des rayons incidens ; c'est-à-dire que la perte, subie par le rayonnement lumineux à chaque couche d'égale épaisseur, est constante. Dans le cas particulier que nous considérons, le décroissement invariable de la lumière à chacune des quatre tranches dans lesquelles nous supposons l'écran divisé, est nul, ou excessivement faible, à cause de la parfaite transparence du verre ; et cependant les rayons caloriques souffrent dans leurs passages successifs une absorption égale en somme à la moitié environ de leur valeur totale, et les pertes à chaque couche, au lieu d'être constantes comme dans la lumière, ont entre elles des différences énormes, puisqu'elles suivent la proportion des nombres 381, 71, 31 et 16.

La résistance des milieux diaphanes à la transmission immédiate des rayons de chaleur est donc d'une toute autre nature que la résistance opposée par ces mêmes milieux à la propagation de la lumière.

Quelle que soit la cause de cette singulière différence, il importait beaucoup de vérifier si elle a lieu à de grandes distances de la surface d'entrée, en répétant les expériences sur des couches de verre beaucoup plus épaisses que celles que nous venons d'employer.

A cet effet, je pris différens morceaux de glace de Saint-Gobain, que je fis refondre; l'opération ne réussit pas complètement. La matière s'affaissa en formant des couches trop minces ou se remplit légèrement de stries. Parmi les pièces épaisses, je choisis la plus pure; elle avait 6 pouces de longueur. Je la divisai en trois parties ayant 1, 2, 3 pouces d'épaisseur. Les défauts s'y trouvant distribués uniformément dans tous les points de la masse, pouvaient bien changer la quantité absolue des rayons caloriques qui auraient traversé une masse parfaitement pure de même matière et de même épaisseur, mais il est clair qu'ils ne devaient avoir aucune influence sur la nature de la progression des pertes que ces rayons subissent en passant de l'une à l'autre couche.

Voici les résultats que l'on obtint en les soumettant au rayonnement ordinaire de 30°.

ÉPAISSEURS DES ÉCRANS EN MILLIMÈTRES.	DÉVIATIONS GALVANOMÉTRIQUES.
27	17°,105
54	13°,458
81	10°,702

En effectuant des calculs absolument semblables à ceux que nous avons rapportés tout à l'heure, on trouve que sur 1000 rayons chaque écran transmet ou arrête les quantités suivantes :

NUMÉROS D'ORDRE.	RAYONS TRANSMIS.	RAYONS ARRÊTÉS.
1	484	516
2	380	620
3	303	697

Au moyen de ces données, on obtient, pour les valeurs, des pertes calorifiques rapportées aux quantités de rayons qui se présentent successivement pour traverser les trois couches égales dans lesquelles on peut supposer le dernier écran divisé,

0,516 0,215 0,203

Ces pertes sont plus fortes que les précédentes, à cause de la mauvaise qualité de la matière et de la plus grande épaisseur des couches, mais elles suivent toujours une progression décroissante. Ainsi la diminution continue au-delà de 54 millimètres.

Pour comparer la valeur de cette diminution à celle qui avait lieu dans le dernier écran des expériences précédentes, il faut multiplier 0,012, différence entre 0,215 et 0,203, par 2,068, et diviser le produit par 27. On a de cette manière la diminution moyenne pour 2^{mm},068 d'épaisseur en passant de 54 à 81 millim., diminution que l'on trouvera de 0,001 à très peu près; elle était quinze fois plus forte dans les premières expériences, lorsque les rayons traversaient la même couche de 2^{mm},068 placée à une distance de 6 millim. La différence serait encore plus grande, si l'on avait

employé des couches de verre bien transparentes comme les plaques de verre de glace aminci.

Cependant il me restait quelque doute sur l'homogénéité du verre : je craignais que les stries ne fussent pas distribuées également sur tous les points de la masse. Mais n'ayant pu avoir des gros morceaux de cette substance tout-à-fait exempts de défauts, je pensai que des expériences analogues pouvaient tout aussi bien s'exécuter sur des liquides.

Dans l'emploi de ces corps au lieu de verre, on avait même l'avantage, en cas de réussite, de donner plus d'étendue à la loi de la transmission calorifique, en la rendant indépendante de la constitution physique du milieu.

Je me procurai donc plusieurs auges en cuivre de largeur égale et de longueurs différentes, terminées à chaque bout par un verre; et je les plaçai successivement entre l'écran percé et la pile, de manière que le verre antérieur se trouvât tout près de l'écran qui demeurait à une distance invariable. La section commune des auges étant beaucoup plus grande que l'ouverture centrale de l'écran, les réflexions sur les parois latérales ne pouvaient avoir lieu, et les seuls rayons qui entraient sous des incidences peu éloignées de la perpendiculaire parvenaient à la face antérieure de la pile. On approchait la lampe jusqu'à ce que l'aiguille du galvanomètre donnât 30° de déviation à travers les deux verres de chaque auge; puis on interceptait le rayonnement, on remplissait l'auge d'huile de colza purifié, et après avoir attendu que l'index eût repris sa position naturelle, on rétablissait la communication calorifique.

Les déviations obtenues à travers les différentes épaisseurs du liquide sont rapportées dans le tableau qui suit :

ÉPAISSEURS DE LA COUCHE LIQUIDE.	DÉVIATIONS DU GALVANOMÈTRE.
6mm,767	15°,642
13 ,535	12 ,831
27 ,069	10 ,389
54 ,139	9 ,540
81 ,209	8 ,988
108 ,279	8 ,512

Représentant toujours par 1000 le rayonnement libre, on a pour les quantités de rayons interceptées ou transmises :

Tableau B.

ÉPAISSEURS de LA COUCHE LIQUIDE.	RAYONS TRANSMIS.	RAYONS ARRÊTÉS.
6mm,767	443	557
13 ,535	363	637
27 ,069	294	706
54 ,139	270	730
71 ,209	255	745
108 ,279	244	756

Si l'on suppose enfin la dernière couche de 108mm,274 divisée par la pensée en six tranches parallèles ayant les épaisseurs de 6mm,767, 6,767, 13,535, 27,069, 27,069 et 27,069, on pourra déterminer, au moyen des nombres contenus dans les deux dernières colonnes, la quan-

tité de chaleur incidente sur la première surface de chacune de ces tranches, et la quantité perdue dans le passage. Divisant la seconde par la première, on aura la perte. Il est inutile de donner les détails des opérations qui sont tout-à-fait semblables à celles que nous avons exécutées pour les écrans de verre. Voici les résultats définitifs :

ÉPAISSEURS DES SIX TRANCHES SUCCESSIVES dans lesquelles on suppose divisée la couche de $108^{mm},274$.	PERTES SUBIES DANS LES TRAVERSÉES RESPECTIVES, rapportées aux quantités de rayons qui parviennent à chaque tranche.
$6^{mm},767$	0,557
6 ,767	0,180
13 ,535	0,190
27 ,069	0,082
27 ,069	0,056
27 ,069	0,040

D'où l'on conclut que les pertes sont encore décroissantes à une distance de 100 millimètres environ.

Pour bien saisir d'un seul coup d'œil la loi de la propagation calorifique rayonnante dans les milieux diaphanes, il n'y a qu'à construire graphiquement les résultats contenus dans les deux premières colonnes des tableaux (A) et (B).

La simple inspection des courbes qui se déduisent d'une telle construction montre que les rayons subissent d'abord une grande perte en entrant dans les premières couches du milieu, mais à mesure qu'ils s'éloignent de la surface on voit la perte décroître ; elle devient pres-

qu'insensible à une certaine distance, et les rayons semblent continuer leur marche en conservant toute leur intensité ; de manière que dans le verre et l'huile de colza et probablement dans tous les milieux diaphanes, la portion de chaleur qui est parvenue à forcer le passage des premières couches, doit se transmettre à de très grandes profondeurs.

Delaroche avait trouvé que la chaleur qui a traversé une lame de verre est absorbée en moindre proportion, lorsqu'elle en traverse une seconde. L'identité de ce fait avec la loi de la résistance des milieux continus montre que la solution de continuité et l'interposition de l'air atmosphérique entre les deux écrans, ne change point la nature des modifications que les rayons subissent dans la première lame de verre. Il est donc extrêmement probable que la proposition de Delaroche se vérifie pour une série très nombreuse d'écrans minces, car nous venons de voir que dans le même milieu les pertes décroissent encore à une profondeur de 80 à 100 millimètres. Voici à ce propos le résultat des expériences que j'ai faites sur quatre lames tirées du même verre de glace qui avait servi aux premières recherches sur la propagation par les milieux continus. L'épaisseur commune de ces lames était de $2^{mm},068$.

Nombre des écrans.	Déviations du galvanomètre.
1	$21^{\circ},62$
2	$18^{\circ},75$
3	$17^{\circ},10$
4	$15^{\circ},90$

Il est inutile de dire que le rayonnement commun auquel on avait soumis les écrans était toujours de 30° correspondant à une force ou température de 35,3. Si on représente ce rayonnement par 1000, comme nous l'avons fait pour tous les cas qui précèdent, on a :

NOMBRE DES ÉCRANS.	RAYONS TRANSMIS.	RAYONS ARRÊTÉS.
1	619	381
2	531	469
3	484	515
4	450	540

D'où l'on tire :

0,381 0,134 0,087 0,058

pour les pertes que souffrent les rayons en traversant successivement les quatre lames de verre, bien entendu que ces valeurs ne sont point rapportées à la quantité initiale, mais au nombre des rayons qui parviennent sur chacun des écrans.

Ainsi la proposition de Delaroche a lieu pour le 3e et le 4e écran, car dans tous ces cas on observe un changement en moins, lorsqu'on passe d'une perte à la suivante.

On remarquera que les pertes étaient moins grandes pour les quatre couches égales de l'écran d'épaisseur quadruple ; et cela se conçoit facilement, puisqu'ici il y a solution de continuité où la chaleur se disperse davantage par réflexion. Mais on voit que, dans l'un et l'autre cas, la différence de deux pertes successives di-

minue à mesure que l'on s'éloigne de la surface d'entrée.

Passons à l'influence exercée sur la transmission calorifique par la composition de la substance qui forme l'écran.

M. Prevost avait conclu de ses expériences décrites dans le Mémoire cité plus haut, que l'eau et le verre devaient transmettre les rayons de chaleur en quantité différente ; car en faisant tomber la nappe d'eau entre une bougie allumée et un thermomètre à air très délicat, il n'obtenait aucun indice de chaleur transmise, à moins que la boule du thermomètre ne fût noircie, et encore l'élévation de température était-elle excessivement faible, tandis qu'une lame de verre, substituée à la nappe d'eau, donnait des effets assez apparens (1). Mais on lui objecta que la différence entre l'action de l'eau et du verre provenait du calorique de conductibilité sensible dans le dernier cas seulement. Delaroche remarqua plus tard qu'un carreau de verre verdâtre transmettait plus de chaleur qu'un plateau d'une autre espèce de verre parfaitement pur. Cependant, comme la première plaque était beaucoup plus mince que la seconde, on soutint que la différence des effets tenait à la différence d'épaisseur (2). Enfin, quelque temps après la découverte du thermo-multiplicateur, nous fîmes, M. Nobili et moi,

---

(1) Voici, au reste, ses propres expressions : « Il paraît en « conséquence que l'eau ne laisse pas passer immédiatement « autant de calorique que le verre, ou moins qu'elle ne donne « passage de la sorte qu'à une partie de calorique plus subtile « que celle qui traverse le verre. » (Mém. cité plus haut, § 48.)

(2) Voyez la note de la page 11.

quelques expériences sur l'huile d'olive, l'alcool, l'eau et l'acide nitrique, d'où il nous parut résulter que l'eau résistait avec plus de force que les trois autres liquides, au passage des rayons de chaleur provenant d'un fer chaud (1). Mais ces expériences ne doivent être considérées que sous l'aspect de simples essais tendant à montrer la facilité avec laquelle on peut employer le thermo-multiplicateur à toute sorte de recherches sur le rayonnement calorifique, car nous ne prîmes pas assez de précautions pour empêcher la propagation de la chaleur de conductibilité, et pour nous assurer que la température de la source était bien la même dans tous les cas. Ainsi, on croyait toujours, parmi les physiciens, que la portion de chaleur transmise immédiatement dans les substances solides ou liquides suivait les mêmes lois de la transmission lumineuse; et que, à parité de circonstances, les corps les plus diaphanes étaient ceux qui transmettaient la plus grande quantité de rayons calorifiques.

Les résultats que je vais rapporter me semblent mettre hors de doute une proposition fondamentale pour la théorie de la chaleur rayonnante, savoir, que la faculté de transmettre les rayons caloriques n'est pas du tout en raison de la transparence des milieux; elle suit une autre loi qui, dans les corps privés de cristallisation régulière, paraît avoir beaucoup de rapports avec la réfrangibilité. Dans les cristaux, les phénomènes sont encore plus intéressans, puisqu'on y trouve des corps doués d'une

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, octobre 1831.

très grande transparence qui interceptent la presque totalité des rayons caloriques, tandis que d'autres agissent précisément en sens contraire. Ces propriétés se manifestent constamment, quelle que soit la température de la source, et deviennent encore plus singulières dans les basses températures, car alors on voit la simple chaleur rayonnante de la main traverser immédiatement un corps solide d'une épaisseur de plusieurs pouces..... mais n'anticipons pas sur les faits, et examinons avant tout les méthodes suivies dans cette troisième série d'expériences.

D'abord il est inutile de nous occuper de la manière dont les écrans solides ont été soumis au rayonnement et aux indications du thermo-multiplicateur, car tout se passait absolument comme dans les expériences précédentes. Quant aux liquides, ces corps sont généralement moins perméables à la chaleur rayonnante que les substances solides; il faut donc les rapprocher davantage du thermoscope pour avoir une transmission bien marquée; mais alors l'échauffement propre des molécules pourrait agir sur l'instrument, d'autant plus que les mouvemens qui se développent toujours dans les liquides inégalement chauffés transportent facilement les parties de la surface antérieure à la surface postérieure des couches exposées à la source de chaleur. Cet effet de conductibilité ne peut être détruit d'une manière générale en renouvelant sans cesse la matière de la couche interposée comme dans les expériences de M. Prevost; car il y a des liquides qu'on ne peut se procurer qu'en petite quantité; il y en a d'autres qui, en entrant dans l'air atmosphérique, y subissent des altérations plus ou

moins fortes et d'abondantes évaporations, d'où résultent des élévations ou des abaissemens de température très gênans pour des expériences de ce genre. L'artifice que j'ai employé pour éviter ces divers inconvéniens est fort simple. Il consiste à renfermer les liquides dans des récipiens de verre très aplatis, dont les deux grandes faces latérales sont parfaitement parallèles, et les dimensions dans le sens de la hauteur, quatre à cinq fois plus grandes que la surface de la pile thermo-électrique. On applique la partie inférieure de ces vases contre l'ouverture du tube qui enveloppe la face de l'appareil tournée vers la source; la chaleur arrêtée par la parois antérieure du vase pénètre dans la première couche infiniment mince de liquide; mais cette couche, en s'échauffant, subit une certaine dilatation, devient plus légère que le reste de la masse du fluide, et monte immédiatement à la partie supérieure du vase d'où elle ne peut plus exercer aucune influence sur la pile; elle est remplacée par une seconde couche qui éprouve les mêmes effets, et ainsi de suite, de manière que par ces renouvellemens partiels de l'écran liquide, la partie du verre postérieur appliquée à l'ouverture du tube ne se trouve point en contact avec des molécules échauffées et se conserve pendant longtemps à la même température.

Il était extrêmement difficile de fabriquer en verre des vases plats à faces bien régulières, de même épaisseur partout et dont les parois opposées fussent exactement parallèles. Les châssis métalliques et les verres mastiqués étaient inapplicables à cause de l'action corrosive de divers liquides; je fis à cet égard bien des tentatives infructueuses; je pensais enfin que l'on pouvait appli-

quer ici le même procédé dont on se sert en optique pour mesurer l'indice de réfraction des substances liquides. A cet effet, je fis pratiquer des entailles de 2 centimètres de largeur sur 9 de longueur dans plusieurs morceaux d'une même glace sans tain, assez épaisse, et je posais contre les deux faces percées de chaque pièce des plaques provenant d'une autre glace beaucoup plus mince. On sait que la simple adhérence qui se développe entre les lames de verre polies suffit pour intercepter le passage des liquides. Cependant, pour plus de sûreté, j'introduisis chaque récipient entre deux cadres métalliques qui retiennent les verres minces à leurs places au moyen de quatre vis de pression situées sur les angles. Le liquide se verse dans l'intérieur de ces vases par une petite ouverture pratiquée à leur partie supérieure, et munie d'un bouchon en verre. Dans un pareil système, il ne peut s'élever aucun doute sur le parallélisme des parois et sur l'égale épaisseur des couches liquides.

J'ai divisé les résultats qui m'ont été fournis par les différens corps solides et liquides en plusieurs tableaux, chacun desquels porte en tête la mesure de l'épaisseur commune aux écrans employés et à côté de chaque substance les indications du thermo-multiplicateur et les quantités de rayons transmis, rapportées au rayonnement total. Cette distribution, en permettant d'employer des lames d'épaisseurs diverses, a de plus l'avantage de présenter des groupes distincts de chaque classe de corps. Dans tous les cas, le rayonnement libre était de 30°. Pour lier entre eux les résultats de ces tableaux, j'ai joint au 2e et au 3e les nombres donnés par une plaque de verre de glace placée dans les mêmes circonstances que

les lames qui composent chaque groupe ; ainsi le verre inséré dans la table des liquides était compris entre les deux glaces minces des récipiens, et provenait de la glace épaisse qui avait servi à leur construction ; il possédait en conséquence l'épaisseur très exacte des couches liquides, et se trouvait comme elles en contact avec les deux glaces qui forment les parois des récipiens. Mais comme ces parois interceptent elles-mêmes une portion de chaleur, on approchait la lampe jusqu'à ce que l'on eût à travers le système des trois verres, la même indication de 19° que donnait le verre épais exposé seul au rayonnement ordinaire de 30°.

Tableau I.

VERRES INCOLORES. (Épaisseur commune 1mm88.)	DÉVIATIONS du GALVANOMÈTRE.	RAYONS TRANSMIS.
Point d'écran	30°,00	100
Flint de M. Guinand	22 ,90	67
Flint anglais	22 ,43	65
Flint français	22 ,36	64
Autre espèce	22 ,19	64
Verre de glace	21 ,89	62
Autre espèce	21 ,10	60
Autre espèce	20 ,78	59
Crown français	20 ,58	58
Verre à vitres	19 ,25	54
Autre espèce	18 ,56	52
Autre espèce	17 ,83	50
Crown anglais	17 ,22	49

Tableau II.

LIQUIDES. (Épaisseur commune $9^{mm},21$.)	DÉVIATIONS du GALVANOMÈTRE.	RAYONS TRANSMIS.
Verre de glace	19°,10	53
Carbure de soufre (incolore)	21 ,96	63
Chlorure de soufre (fortement coloré en rouge brun)	21 ,83	63
Protochlorure de phosphore (incolore)	21 ,80	62
Hydrocarbure de chlore (incolore)	13 ,27	37
Huile de noix (jaune)	11 ,10	31
Essence de térébenthine (incolore)	10 ,83	31
Essence de romarin (incolore)	10 ,46	30
Huile de colza (jaune)	10 ,38	30
Huile d'olive (jaune verdâtre)	10 ,35	30
Napthe naturel (jaune brun léger)	9 ,77	28
Baume de copahu (jaune brun assez prononcé)	9 ,39	26
Essence de lavande (incolore)	9 ,28	26
Huile d'œillet (jaunâtre très léger)	9 ,26	26
Naphte rectifié (incolore)	9 ,10	26
Ether sulfurique (incolore)	7 ,59	21
Acide sulfurique pur (incolore)	6 ,15	17
Acide sulfurique de Nordhousen (brun assez prononcé)	6 ,09	17
Hydrate d'ammoniaque (incolore)	5 ,47	15
Acide nitrique pur (incolore)	5 ,36	15
Alcool absolu (incolore)	5 ,30	15
Hydrate de potasse (incolore)	4 ,63	13
Acide acétique rectifié (incolore)	4 ,25	12
Acide pyro-ligneux (légèrement coloré en brun)	4 ,28	12
Eau sucrée (incolore)	4 ,20	12
Eau chargée d'alun (incolore)	4 ,16	12
Eau salée (incolore) (1)	4 ,15	12
Blanc d'œufs (légèrement coloré en jaune)	4 ,00	11
Eau distillée	3 ,80	11

(1) On a employé pour cette solution des morceaux de sel gemme bien diaphanes : on en peut dire autant poûr la dissolution précédente : du reste, l'eau en était complètement saturée.

Tableau III.

CORPS CRISTALLISÉS. (Épaisseur commune 2^{mm},62.)	DÉVIATIONS du GALVANOMÈTRE.	RAYONS TRANSMIS.
Verre de glace	21°,60	62
Sel gemme (diaphane)	28 ,46	92
Spath d'Islande (diaphane)	21 ,80	62
Autre espèce (diaphane)	21 ,30	61
Cristal de roche incolore (diaphane)	21 ,64	62
Cristal de roche *enfumé* (diaphane fortement coloré en brun)	20 ,25	57
Topaze incolore du Brésil (diaphane)	19 ,18	54
Carbonate de plomb (diaphane)	18 ,35	52
Agate blanche (translucide)	12 ,48	35
Baryte sulfatée (diaphane louche veiné)	11 ,72	33
Aigue marine (diaphane légèrement coloré en bleu)	10 ,16	29
Agate jaune (translucide coloré en jaune)	10 ,10	29
Borate de soude (translucide)	9 ,87	28
Tourmaline verte (diaphane coloré en vert)	9 ,54	27
Adulaire (diaphane louche veiné)	8 ,30	24
Chaux sulfatée (diaphane)	7 ,15	20
Chaux fluatée (diaphane louche veiné)	5 ,40	15
Acide citrique (diaphane)	5 ,15	15
Sardoine (translucide)	4 ,98	14
Carbonate d'ammoniaque (diaphane louche à stries.	4 ,50	13
Tartrate de potasse et de soude (diaphane)	4 ,40	12
Alun *de glace* (diaphane)	4 ,36	12
Sulfate de cuivre (diaphane fortement coloré en bleu)	0 ,00	0

Tableau IV.

VERRES COLORÉS. (Épaisseur commune 1mm85.)	DÉVIATIONS du GALVANOMÈTRE.	RAYONS TRANSMIS.
* Violet foncé	18°,62	53
Rouge jaunâtre (plaqué)	18 ,58	53
Rouge pourpre (plaqué)	18 ,10	51
* Rouge vif	16 ,54	47
Violet pâle	16 ,08	45
Orangé rouge	15 ,49	44
Bleu clair	15 ,00	42
Jaune foncé	14 ,12	40
* Jaune brillant	12 ,08	34
Jaune doré	11 ,75	33
* Bleu foncé	11 ,60	33
* Vert pomme	9 ,15	26
Vert minéral	8 ,20	23
Bleu très foncé	6 ,88	19

Il suffit de parcourir rapidement le 2e et le 3e tableau pour sentir toute la vérité de la proposition que nous avons énoncée, savoir que *la faculté que possèdent les corps de se laisser traverser par la chaleur rayonnante n'a aucun rapport avec leur degré de transparence.*

En effet, le chlorure de soufre liquide rouge-brun assez foncé transmet beaucoup plus de rayons caloriques que les huiles grasses de noix, d'olive, de colza douées d'une teinte plus claire, tandis que ces mêmes huiles, quoique d'une couleur jaune bien prononcée, sont plus perméables à la chaleur rayonnante que beaucoup d'autres liquides parfaitement limpides, tels que les acides sulfurique et nitrique concentrés, l'éther, l'alcool et l'eau. Il en est de même pour les corps solides où l'on voit le sulfate de chaux, l'acide citrique, et d'autres sub-

tances très diaphanes qui laissent passer beaucoup moins de chaleur que d'autres corps colorés ou translucides, tels que l'aigue marine, l'agate, la tourmaline, le borax, l'adulaire et la baryte sulfatée.

Mais rien n'est plus propre à mettre en évidence le peu d'effet de la transparence sur la transmission calorifique que la comparaison des effets obtenus sur l'alun *de glace* (1) et le cristal de roche *enfumé*. La table montre que, pour ces substances comme pour les autres que nous venons de citer, la faculté de transmettre les rayons de chaleur est en sens contraire de la faculté de transmettre les rayons de lumière. J'ai voulu voir jusqu'où pouvait s'étendre ce rapport inverse des transmissions calorifiques et lumineuses en variant les épaisseurs de manière à produire tout l'avantage du côté de la lumière et toute la perte du côté du calorique. On soumit à l'épreuve une lame d'alun bien polie et parfaitement diaphane ayant un seul millimètre et demi d'épaisseur, et un cristal de roche *enfumé* dont l'épaisseur dans le sens des faces polies était de 86 millim.; la couleur brune de ce cristal était tellement prononcée, qu'en le posant sur une page imprimée en gros caractères et exposée au grand jour, on ne pouvait même pas distinguer les simples traces des lettres; le papier et les caractères se confondaient complètement et formaient une seule teinte noire. Cependant ce cristal transmettait encore 19°, tandis que la lame mince d'alun ne donnait que 6°.

Un corps peut donc être *presqu'opaque* et livrer un

---

(1) C'est le nom de commerce que l'on donne aux cristaux d'alun très diaphanes.

passage très aisé aux rayons de chaleur ; il peut être très diaphane et intercepter la plus grande partie de ces rayons. Il faut donc distinguer avec soin les corps de facile transmission calorifique des corps de facile transmission lumineuse et désigner les premiers par des dénominations différentes de celles que l'on donne aux seconds. Je crois qu'il conviendra de les appeler *transcaloriques* ou *diathermanes* (1) par analogie avec les mots transparent et diaphane que l'on emploie pour les corps doués de la même propriété relativement à la lumière.

D'après ce que nous avons vu sur le cristal de roche enfumé, on serait tenté de demander s'il existe des substances transcaloriques et totalement opaques. On ne saurait répondre à cette question sans avoir essayé l'effet du rayonnement calorifique sur tous les corps connus, ce que je suis loin d'avoir fait. Je dirai seulement que l'acide pyro-ligneux brut et le baume du Pérou, qui sont d'une opacité presque complète, donnent encore des transmissions sensibles de chaleur rayonnante. Mais toutes les substances diathermanes que j'ai soumises à l'expérience se trouvent comprises dans la classe des corps doués de quelque degré de transparence. Les métaux, les bois, les marbres qui interceptent les rayons de lumière en totalité arrêtent aussi en totalité les rayons de chaleur. D'autres corps tels que le carbure de soufre, le sel gemme, le spath d'Islande laissent passer en même temps les rayons de l'un et de l'autre agent. Un certain

---

(1) Le premier mot n'a pas besoin d'explication. Le second dérive de διὰ à *travers* et θερμαίνω *chauffer*, à l'imitation de diaphane composé de διὰ et φαίνω *paraître*.

degré de transparence est donc *probablement* une des conditions nécessaires pour que la transmission calorifique ait lieu (1), mais elle ne peut devenir abondante qu'avec le concours d'une autre qualité, et cette qualité varie selon que les corps sont cristallisés ou privés de cristallisation. En effet, dans les verres et les liquides, elle suit évidemment l'ordre des réfrangibilités, car le flint, plus réfringent que le crown, se laisse aussi traverser plus facilement par le rayonnement calorifique. Le carbure de soufre est en même temps plus réfringent et plus *diathermane* que l'essence de térébenthine ; on peut en dire autant pour la térébenthine relativement à l'huile d'olive, et ainsi de suite jusqu'à l'eau pure, liquide doué de la moindre réfrangibilité et de la moindre transmission. Il est bien vrai que le verre paraît dans les tables presqu'autant diathermane que le carbure de soufre, quoique doué d'une réfrangibilité beaucoup moindre; mais cette égalité n'est qu'apparente : pour s'en convraincre, il suffit de rappeler la manière dont les liquides ont été soumis aux expériences. Avant de parvenir à la couche liquide, il faut que les rayons traversent la parois antérieure du vase qui la contient; or les verres ne donnent qu'une transmission de 21 à 22 sur 35,3. Ainsi il ne pourra pénétrer dans l'intérieur qu'un rayonnement de cette force ; le liquide aura beau trans-

(1) J'ai trouvé plus tard que le verre noir complètement opaque, employé dans la construction des miroirs pour la polarisation de la lumière, transmet une quantité notable de rayons calorifiques. Ces *rayons obscurs* émergens du verre noir peuvent être employés à des expériences fort curieuses que nous rapporterons dans le second Mémoire.

mettre tous les rayons qui lui parviennent, il ne sortira jamais du récipient une quantité supérieure à 22. Cette explication se trouve confirmée d'une manière frappante par les transmissions du chlorure de soufre et du protochlorure de phosphore. Les indices de réfraction de ces deux liquides, quoique peu connus, sont certainement supérieurs à celui du verre, et ont des valeurs différentes, ce qui entraîne très probablement des différences dans les quantités de chaleur transmises, et cependant ces quantités dans les tables paraissent toutes les deux égales à la transmission du carbure de soufre.

Il y a bien quelques anomalies réelles dans la transmission du baume de copahu et de l'éther sulfurique. Mais les différences sont très faibles : elles dérivent probablement de quelque légère erreur dans la mesure de la transmission ou de la réfrangibilité, et la proportionnalité de ces deux élémens est si patente et se vérifie dans un si grand nombre de cas qu'on peut la retenir comme une loi générale pour les liquides, les verres et probablement pour tous les corps privés de cristallisation régulière.

Mais cette loi se trouve tout-à-fait en défaut relativement aux corps cristallisés. Nous voyons en effet le carbonate de plomb, substance très réfringente et incolore, transmettre moins de chaleur que le spath d'Islande et le cristal de roche qui lui sont de beaucoup inférieurs dans l'ordre de réfrangibilité; tandis que le sel gemme, ayant à peu près la même transparence et le même indice de réfraction que l'acide citrique et l'alun, donne une transmission calorifique six à huit fois plus grande.

Les corps diaphanes et incolores contenus dans la

troisième table sont au nombre de neuf, savoir : le sel gemme, le spath d'Islande, le cristal de roche, la topaze, le carbonate de plomb, la chaux sulfatée, l'acide citrique, le tartrate de potasse et de soude, et l'alun. Ces cristaux transmettent les quantités de chaleur suivantes :

(1) 92, 62, 54, 52, 20, 15, 12.

D'aussi grandes différences dans des corps de même aspect, semblent tenir plutôt à la structure particulière de chaque cristal qu'à la composition chimique des molécules ; car un bloc de sel marin ordinaire réduit en plaques, arrête tout-à-fait le rayonnement calorifique : et d'ailleurs on voit par le 2e et 3e tableau que la transmission de l'eau pure augmente à peu près de la même quantité lorsqu'on y fait dissoudre de l'alun ou du sel gemme, substances qui à l'état solide transmettent des

---

(1) Les personnes qui ne possèdent pas un appareil thermoscopique semblable à celui dont nous nous sommes servi, pourront se convaincre facilement que le sel gemme transmet presque toute la chaleur rayonnante qui tombe à sa surface, en fixant verticalement sur un même support une lame de cette substance et une lame de verre ou d'alun d'égales dimensions, et en approchant le support tout près du feu d'une cheminée. Si on laisse les choses dans cet état pendant 5 à 6 minutes, le verre s'échauffe au point de devenir brûlant, tandis que le sel gemme posé sur les parties les plus délicates de la main n'y produit aucune sensation de chaleur. Ces différences de température sont bien réelles et pas apparentes, comme il arrive lorsqu'on touche du bois et du marbre exposés au soleil. Pour le montrer il suffit de poser des morceaux de cire ou de suif sur les deux corps : on les verra fondre rapidement sur le verre et conserver l'état solide sur le sel gemme. On peut aussi démontrer d'une manière directe et sans besoin de thermo-multiplica-

quantités si différentes de chaleur. Mais on n'aperçoit aucune relation entre la faculté de transmettre la chaleur et la forme primitive ou secondaire de la cristallisation.

M. Mittcherlich a trouvé que les cristaux ne se dilatent pas également dans toutes leurs directions, lorsqu'on les soumet à l'action de la chaleur. Quoiqu'un tel effet ne provienne point du calorique rayonnant, on pouvait penser toutefois qu'une différence dans le sens suivant lequel on coupe les plaques sur le cristal, produirait une différence de transmission. J'ai fait tailler des lames d'égale épaisseur sur du cristal de roche dans toutes les principales directions relativement aux axes de ce cristal: la transmission a été constante pour tous les cas. J'ai obtenu le même résultat sur le spath d'Islande.

Le calorique rayonnant peut traverser de très grandes épaisseurs d'un corps cristallisé. On dirait même que les rayons souffrent dans l'intérieur de ces corps une déperdition moindre que dans les masses de verre et de liquide. En effet, on a vu la déviation passer seulement de 21°,6 à 19°, en augmentant de 57 à 58 fois l'épaisseur primitive d'un cristal de roche enfumé.

J'ai exposé au rayonnement calorifique un morceau de spath d'Islande de 92 millim. de longueur (1); la dé-

---

teur, la grande transmission du sel gemme relativement aux autres substances diaphanes : à cet effet, il suffit de rapprocher les deux lames dans le même plan et de placer derrière elles deux tubes métalliques au fond desquels sont fixées les boules noircies de deux thermomètres ordinaires d'égale sensibilité. On présente un boulet rouge à une certaine distance des lames. Le thermomètre correspondant à la lame d'alun monte d'un seul degré pendant que l'autre en parcourt 8 à 10.

(1) Cette belle pièce a été envoyée par M. OErsted à M. Ba-

viation qui était de 21°,8 à travers une plaque de 2mm,6 de la même substance n'est tombée qu'à 18°,5, c'est-à-dire que la diminution de l'effet n'a été que d'environ un septième pour une augmentation d'épaisseur égale à 35 fois la quantité primitive. L'expérience s'est trouvée encore plus piquante sur le sel gemme où je n'ai pu constater aucune influence de l'épaisseur sur la transmission, car les morceaux de 2 millim. m'ont donné absolument la même déviation galvanométrique que des pièces de 30 et de 40.

Il résulte de ces observations que les nombres de la deuxième colonne de la table des cristaux qui expriment les rapports des transmissions calorifiques de ces corps réduits à une épaisseur commune de 2mm,6 peuvent servir aussi pour représenter approximativement les mêmes rapports lorsque ces corps auront des épaisseurs communes supérieures à une telle limite. Je dis approximativement, car pour déterminer les vraies *transmissions spécifiques*, il faudrait connaître la loi exacte des déperditions aux différens points des milieux. Si les pertes rapportées aux quantités de chaleur qui parviennent à chacune des tranches égales dans lesquelles on peut concevoir le milieu partagé, étaient constantes, l'intensité des rayons diminuerait en progression géométrique pour des couches croissant en progression arithmétique, et pour savoir de combien une substance est plus diathermane qu'une autre, il faudrait varier les épaisseurs relatives des lames jusqu'à ce que l'on obtînt la même trans-

---

binet, qui a eu la bonté de me la prêter, ainsi que plusieurs des cristaux cités dans le cours de ce mémoire.

mission dans les deux cas ; le rapport cherché serait l'inverse des épaisseurs qui produisent l'égalité d'action (1). Or, nous avons vu que cette constance de perte n'existe point. Mais dans le cas particulier des corps cristallisés, il y a de si petites différences d'effets lorsqu'on augmente l'épaisseur au-delà de 3 millim., que les rapports que l'on obtiendrait en opérant sur des écrans plus épais, ne doivent pas différer beaucoup de ceux que nous avons trouvés.

Mais quand même on serait parvenu à déterminer les transmissions spécifiques des différentes substances, on n'aurait pas encore résolu la question d'une manière générale, car nous verrons dans le second Mémoire que si, en variant la température de la source calorifique, on ne change pas l'ordre des transmissions, on altère totalement les rapports de ces quantités. Pour en donner une idée, il suffira de rappeler ce que j'ai avancé tantôt relativement à l'action des rayons lancés par une source peu élevée de température sur certaines substances, savoir, que la simple chaleur rayonnante du corps humain peut traverser immédiatement un cristal donné ; ce cristal, c'est le sel gemme.

On sait que les rayons caloriques de la main sont complètement arrêtés par le verre ; donc le rapport de transmission calorifique entre le verre et le sel gemme qui à la température d'une lampe d'Argant est 62 : 92, devient celui de l'unité à l'infini lorsqu'on considère les

---

(1) Voir pour la démonstration de cette proposition : Bouguer, *Traité d'optique sur la gradation de la lumière*, Paris, 1760, liv. III, sect. 1re, art. 1, 2, 3 et 4.

effets produits par les sources douées d'une basse température.

Dans tout ce qui précède, nous avons fait abstraction des couleurs, ou pour mieux dire, nous ne les avons considérées que relativement à la diminution de transparence ou à l'opacité plus ou moins grande qu'elles introduisent toujours dans les substances diaphanes (1).

Il faut maintenant les étudier d'une manière spéciale,

---

(1) Un physicien célèbre me disait dernièrement que vouloir comparer entre elles les intensités des couleurs différentes, c'était chercher une comparaison entre deux élémens hétérogènes, ce qui est absurde. Sans entrer en aucune discussion sur le degré d'exactitude d'une telle assertion, je me permettrai cependant de faire remarquer que dans certains cas, on convient *unanimement* qu'une teinte est plus ou moins claire qu'une autre de nature différente, sans que des idées métaphysiques se soient jamais élevées pour détruire l'opinion générale. Prenons pour exemple le spectre solaire : n'a-t-on pas admis de tout temps que le *maximum* de clarté se trouve sur le jaune, et que l'*intensité lumineuse* est décroissante de chaque côté de cette bande? Le principe que j'énonce ci-dessus me paraît de la même évidence : lorsque j'avance que les couleurs introduisent *toujours de l'opacité* dans les substances diaphanes, tout le monde me comprend. Ayez de l'eau pure entre deux lames parallèles de verre incolore, placez l'œil d'un côté et de l'autre une écriture que vous éloignerez jusqu'au point où elle cesse d'être lisible. Maintenant substituez à l'eau, du vin, de l'huile ou un autre liquide *diaphane et plus ou moins coloré*, la distance à laquelle l'écriture sera lisible deviendra d'autant moindre que la teinte sera *plus foncée*, et cela indépendamment de la nature de la couleur. Ainsi, lorsque l'écriture se trouvera lisible à la même distance pour un liquide jaune et pour un liquide rouge, ces deux milieux auront pour nous le même *degré de transparence*.

et déterminer l'influence qu'elles exercent sur la transmission. C'est l'objet du 4e tableau. Les verres marqués d'un astérisque donnent les teintes les plus pures, et qui approchent le plus des couleurs prismatiques correspondantes. Voici comme je m'en suis assuré par l'expérience :

Ayant introduit au moyen d'un héliostat un faisceau horizontal de rayons solaires dans une chambre obscure, je l'ai partagé en deux en le faisant passer à travers deux ouvertures pratiquées dans un écran opaque. Je faisais tomber un des faisceaux sur un prisme vertical, et l'autre sur le verre coloré que je voulais essayer. On avait ainsi le spectre solaire jeté de côté et une tache colorée dans le sens des rayons directs. Pour amener cette tache à côté de la couleur correspondante du spectre, je plaçais derrière le verre un second prisme vertical, que je tournais plus ou moins jusqu'à ce que l'effet fût obtenu. On compare assez bien les deux teintes analogues quand elles sont rapprochées, et on juge en même temps si la couleur du verre est plus ou moins pure par la force des nouvelles teintes qui se développent toujours dans le passage des rayons colorés du verre à travers le prisme. Sur quatorze couleurs choisies entre plusieurs espèces de verres, je n'en ai pu trouver que cinq approchant beaucoup des couleurs prismatiques et donnant des teintes secondaires très faibles. Ces teintes n'étaient absolument insensibles que pour le verre rouge.

Il y a une autre manière d'apprécier la coloration des milieux diaphanes, et je ne l'ai point négligée. Elle consiste à faire traverser les verres par les rayons correspondans du spectre; le passage a lieu avec une déperdition très faible lorsque les teintes sont bien pures. Or,

en fixant à des distances convenables un côté de mes cinq lames de verre sur le bord d'un carton exposé au faisceau coloré du prisme, j'ai trouvé que chaque rayon prismatique traverse le verre de même couleur sans y souffrir aucune perte ; du moins l'altération produite par ces verres sur les rayons solaires correspondans est à peu près la même dans tous les cas. On le déduit de la comparaison entre les rayons prismatiques qui tombent directement sur le mur et ceux qui y parviennent après avoir traversé les verres colorés ; les ombres apportées par ces derniers rayons sont très légères et presqu'insensibles. Elles sont au contraire très prononcées dans tout autre disposition. Si on substitue, par exemple, le verre violet au rouge, on a une tache presque noire sur le mur ; donc, si le violet n'est point parfaitement pur, au moins ne laisse-t-il passer qu'une quantité de rayons rouges très inférieure à celle qui traverse le verre de cette dernière couleur.

On sait que dans le spectre solaire donné par un prisme de verre ordinaire, la plus forte chaleur se trouve sur le rouge, et que les températures des teintes intermédiaires vont en décroissant jusqu'au violet. Cette distribution calorifique dans les rayons colorés séparés par la *force de réfraction* des prismes, existe-t-elle encore lorsque ces rayons sont séparés par la *force d'absorption* des matières colorantes ?

Pour le savoir, il n'y a qu'à comparer aux diverses températures du spectre les nombres représentant les transmissions calorifiques de nos cinq verres colorés, les voici :

Violet 53, rouge 47, jaune 34, bleu 33, vert 26.

L'ordre des couleurs relativement à leurs degrés de chaleur et les rapports numériques de ces mêmes degrés sont tellement altérés, que la lumière violette, qui dans le spectre possède une température vingt-cinq ou trente fois inférieure à celle de la lumière rouge, se trouve ici douée d'une température supérieure. On ne pourrait pas expliquer une telle différence en admettant que, dans la transmission du verre violet, il passe aussi une forte quantité de rayons rouges; car ces rayons devraient s'y trouver en plus grande proportion que dans la transmission du verre rouge; ce qui est impossible, d'après les expériences précédentes.

Ces faits semblent contraires à l'opinion des physiciens qui admettent que dans la chaleur lumineuse les mêmes rayons excitent simultanément les deux sensations de lumière et de chaleur. On les concevrait avec facilité en supposant que le calorique et la lumière sont des agens distincts. Alors on dirait que dans le prisme la force de réfraction agit inégalement sur les différens rayons caloriques, comme elle opère plus ou moins sur les différens rayons lumineux, et jette ainsi certaines quantités de chaleur sur les mêmes plages qui sont occupées par les diverses couleurs du spectre; mais que dans les verres colorés, et généralement dans les corps plus ou moins diathermanes, la force d'absorption n'opère pas de la même manière que la force de réfraction, éteignant tantôt plus de chaleur que de lumière, et d'autres fois plus de lumière que de chaleur.

Mais les partisans de l'identité des deux agens répondront que les différences observées dans les *transmissions* calorifique et lumineuse des milieux, diaphanes

ou colorés, dérivent des rayons de chaleur obscure qui se trouvent mêlés en grande quantité aux rayons de lumière lancés par la flamme.

Pour juger jusqu'à quel point il est permis de soutenir l'une ou l'autre hypothèse, il faudrait avoir des données qui nous manquent maintenant. Nous reprendrons ce sujet à la fin du prochain mémoire, et nous terminerons celui-ci en citant une application fort remarquable des résultats numériques contenus dans les tableaux précédens.

On savait déjà, par les belles expériences de Seebeck, que le *maximum* de température du spectre solaire change de place avec la composition chimique de la substance dont le prisme est formé. Cet habile physicien observa que le plus haut degré de chaleur, qui avait lieu sur le rouge dans le spectre fourni par un prisme de crown-glass, passait sur l'orangé en employant un prisme creux de verre rempli d'acide sulfurique, et se transportait sur le jaune lorsqu'on se servait du même prisme rempli d'eau pure (1).

Je trouvais, il y a quelques mois, que les rayons calorifiques disséminés sur les couleurs données par un prisme ordinaire, ne subissent pas la même altération en passant au travers d'une couche d'eau; la perte varie en sens inverse de la réfrangibilité, de manière que les rayons les plus réfrangibles passent en totalité et les moins réfrangibles sont entièrement arrêtés par le liquide (2).

---

(1) *Jahrbuch der chemie und physick von Schweigger*, vol. 10.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, décembre 1831.

Cette expérience me conduisit à une explication très simple des résultats obtenus par Seebeck.

La chaleur solaire qui se présente à la face antérieure du prisme d'eau comprend des rayons fournis de toute sorte de réfrangibilité. Or, le rayon qui possède le même indice de réfraction que la lumière rouge souffre, en traversant le prisme, une perte proportionnellement plus forte que le rayon doué de la réfrangibilité de la lumière orangée, et celui-ci perd moins dans la traversée que la chaleur du jaune. Ces rapports croissans dans les déperditions des rayons moins réfrangibles, tendent évidemment à faire marcher le *maximum* du rouge au violet; il pourra donc s'arrêter sur le jaune.

En supposant l'action de l'acide sulfurique analogue et moins énergique que celle de l'eau, on comprendra de même pourquoi, dans le cas du prisme d'acide, le *maximum* se fixe sur l'orangé.

Enfin, le verre lui-même, dont les prismes ordinaires sont composés, doit opérer de la même manière, et produire sur chaque rayon une perte inversement proportionnelle à son degré de réfrangibilité. Donc, si on employait dans la construction du prisme une substance *moins active* que le verre commun, les pertes seraient affaiblies en plus grande proportion pour les rayons moins réfrangibles; ceux-ci *gagneraient* donc sur les rayons plus réfrangibles, et le *maximum* marcherait dans la direction opposée à la précédente, c'est-à-dire du violet au rouge.

C'est précisément ce qu'ont obtenu Herschel, Englefield et Seebeck en opérant sur des prismes de flint, car

le *maximum* est passé dans l'espace obscur tout près de la dernière bande rouge du spectre.

Comparons ces effets aux nombres qui représentent les transmissions calorifiques : nous trouverons que le *maximum* de chaleur, en partant du jaune où il se trouve placé pour le prisme d'eau, s'en éloigne *toujours dans le même sens* à mesure que l'on construit le prisme avec des substances plus diathermanes. Il sort déjà un peu du spectre lorsqu'on substitue le flint au crown. En admettant l'exactitude d'une telle théorie, la ligne de plus grande chaleur devra donc se dégager tout-à-fait des couleurs et se porter dans l'espace obscur sur une bande très éloignée de la limite rouge, lorsqu'on se servira du sel gemme, substance qui est bien plus diathermane relativement au flint, que le flint par rapport au crown. J'ai tenté l'expérience ; elle a complètement réussi. J'ai trouvé que le *maximum* de température pour le spectre dérivé du prisme de sel, était plongé dans l'espace obscur à une distance de la dernière bande, égale *pour le moins* à la distance qui sépare en sens contraire le vert-bleu du rouge. Je ne puis assigner pour le moment des mesures plus exactes, car je n'ai d'abord opéré que sur un fort petit prisme, et lorsque par la suite je me trouvais avoir de plus belles pièces à ma disposition la saison ne me permit point de reprendre ce curieux résultat et de l'étudier avec plus de précision. Mais l'effet a été si marqué dans mon expérience et si constant dans plusieurs répétitions successives, que je le regarde comme décisif, et qu'il ne me reste pas le moindre doute sur le grand éloignement du *maximum* de chaleur à la dernière bande

des rayons rouges dans le spectre donné par le sel gemme (1).

La distribution des températures dans le spectre solaire est donc un phénomène tout-à-fait dépendant de l'ordre que nous avons trouvé pour les transmissions calorifiques des substances diaphanes.

Ce phénomène constitue déjà une relation frappante entre les propriétés des rayons caloriques du soleil et celles de la chaleur rayonnante des corps terrestres; mais nous verrons paraître des rapports encore plus intimes entre ces deux espèces de rayons, lorsque nous examinerons les altérations qui s'opèrent dans les transmissions calorifiques par l'effet du changement de température de la source rayonnante.

MÉMOIRE *sur la Diastase, les principaux Produits de ses Réactions, et leurs applications aux arts industriels;*

PAR MM. PAYEN ET PERSOZ.

Depuis les savantes recherches et les travaux laborieux de Luwenhoeck, Saussure, Kirschoff, Vauquelin; des brasseurs anglais, de MM. Dubrunfaut, Raspail, Guibourt, Couverchel, etc., on connaissait la conformation physiologique de l'amidon; on savait qu'une en-

---

(1) J'ai obtenu depuis le même résultat avec cinq prismes de sel gemme dont les angles réfringens varient entre 30° et 70°. Ces prismes proviennent de plusieurs pièces tirées des mines de

veloppe renfermant une substance *mucilagineuse* composait ses globules ; que par une certaine élévation de la température, on faisait exsuder une partie de la matière intérieure ; que, sous l'influence de l'eau et de l'acide sulfurique, on pouvait rompre les tégumens, changer l'amidon en sucre et même en *gomme* par une réaction moins prolongée ; qu'à l'aide de l'orge germée, de l'eau et de la chaleur (Dubrunfaut, Mémoire lu en avril 1823) la fécule était saccharifiée.

En 1785, le docteur Irvine indiquait l'augmentation des produits sucrés du malt par l'addition de la farine de grains crus, qui se saccharifiait elle-même. (*Accum.* trad. de Riffaut).

Restait-il quelque chose à trouver dans ce sentier battu ? Nous avons pu le croire, tout en rendant hommage aux importans travaux de nos devanciers.

Il nous semble, en effet, que l'on ne possédait encore aucun moyen économique d'extraire de la fécule la substance intérieure que caractérisait, dans ces derniers temps, un nouveau phénomène optique, observé par M. Biot ; qu'après plusieurs années de recherches, loin de connaître le principe actif développé par la germination, on avait attribué ses réactions, d'abord à l'hordéine, puis à une sorte de *gluten soluble*, dont nous avons isolément constaté l'inertie ;

Que l'on admettait la transformation de la fécule en

Cordona, de Wieliecza et de Vicq : ils ont été découpés en différens sens relativement à l'axe de cristallisation. Je rapporterai les données numériques dans un travail spécial sur l'analyse des rayons caloriques solaires.

sucre sous cette influence, sans avoir aperçu la *dextrine* mise en liberté, et qui devient aujourd'hui la source de nombreuses applications;

Que par suite encore, les circonstances, les phénomènes de la saccharification de la fécule en présence de l'orge germée n'étaient pas précisés; que les volumes écrits à ce sujet par les brasseurs et distillateurs anglais, et par nos auteurs, laissaient imprévues et inexplicables une foule d'anomalies pratiques;

Qu'enfin, aucune des conséquences de la découverte de la *diastase*, pour la chimie organique, la physiologie et les arts industriels, n'avaient pu être entrevues.

Depuis l'annonce que nous avons faite à l'Académie des Sciences, d'un nouveau moyen de préparer la *dextrine*, en séparant et chassant les enveloppes de l'amidon par une action directe; nous avons poursuivi avec persévérance la recherche du principe qui produit cette singulière réaction.

Cette substance, que nous sommes parvenus à isoler, contient d'autant moins d'azote, qu'elle approche plus de l'état de pureté, et possède d'ailleurs les propriétés suivantes : elle est *solide*, *blanche*, *amorphe*, *insoluble* dans l'alcool, *soluble* dans l'eau et l'alcool faible, sa solution aqueuse est neutre et sans saveur marquée, elle n'est point précipitée par le sous-acétate de plomb; abandonnée à elle-même, elle s'altère plus ou moins vite suivant la température atmosphérique, et devient acide; chauffée de 65 à 75° avec de la fécule, elle présente le pouvoir remarquable de détacher promptement les enveloppes de la substance intérieure modifiée, la *dextrine*, qui se dissout facilement dans l'eau, tandis que

les tégumens insolubles dans ce liquide surnagent ou se précipitent, suivant les mouvemens du liquide. Cette singulière propriété de séparation nous a déterminé à donner à la substance qui la possède le nom de *diastase*, qui exprime précisément ce fait.

L'opération, convenablement ménagée, donne la *dextrine* plus pure qu'elle n'avait été préparée, aussi y retrouve-t-on éminemment le grand pouvoir de rotation qui la caractérise, et qu'on n'obtient à un degré égal par aucun autre procédé, toutefois la solution de *diastase*, en présence de la dextrine, convertit cette dernière substance graduellement en sucre, qui n'est précipité ni par la baryte ni par le sous-acétate de plomb. Il faut que la température soit maintenue durant le contact de 65 à 75°, car, si l'on chauffe jusqu'à l'ébullition la solution de diastase, elle perd la faculté d'agir sur la fécule et sur la dextrine.

La diastase existe dans les semences d'orge, d'avoine et de blé germées, près des germes, mais non dans les radicules, des grains germés; elle n'existe ni dans les pousses ni dans les racines de la pomme de terre germée, mais seulement dans le tubercule près et autour de leur point d'insertion; elle y est généralement accompagnée d'une substance azotée qui, comme elle, est soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool, mais qui en diffère par la propriété qu'elle a de se coaguler dans l'eau à la température de 65 à 75°, de ne point agir sur la fécule ni la dextrine, d'être précipitée de ses solutions par le sous-acétate de plomb, et éliminée en grande partie par l'alcool avant la précipitation de la diastase; nous avons encore retrouvé la diastase sous les bourgeons de l'*ay*-

lanthus glandulosa ; là, elle n'est point unie avec la matière azotée soluble.

Les céréales et les pommes de terre avant la germination ne renferment point de diastase ; on l'extrait de l'orge germée par les procédés suivans et l'on en obtient d'autant plus que la germination a été conduite plus régulièrement, et que le développement de la plumule s'est plus approchée d'une longueur égale à celle de chacun des grains.

Après avoir fait macérer dans l'eau froide pendant quelques instans le mélange d'eau et d'orge germée, on le jette dans un filtre, ou mieux on soumet à une forte pression et l'on filtre la solution ; le liquide clair est chauffé dans un bain marie à 70 degrés. Cette température coagule la plus grande partie de la matière azotée, qu'on doit séparer alors par une nouvelle filtration ; le liquide filtré renferme le principe actif plus un peu de matière azotée, de substance colorante et une quantité de sucre en rapport avec les progrès de la germination ; pour séparer ce dernier, on verse jusqu'à cessation de précipité de l'alcool dans la liqueur, la diastase y étant insoluble se dépose sous forme de flocons qu'on peut recueillir et dessécher à une basse température ; afin de ne pas l'altérer, il faut surtout éviter de la chauffer humide jusqu'à 90 à 100 degrés ; pour l'obtenir plus pure encore, on doit la dissoudre dans l'eau et la précipiter de nouveau par l'alcool, et même répéter ces solutions et précipitations deux fois. On obtient encore la diastase exempte de matière azotée sans coaguler celle-ci par l'élévation de la température, mais seulement par plusieurs précipitations à l'aide de l'alcool. Après chaque précipitation, il

se dissout moins de cette substance et la diastase devient de plus en plus blanche et pure. Voici le mode d'opérer qui nous a le mieux réussi : on écrase dans un mortier l'orge fraîchement germée, on l'humecte avec environ moitié de son poids d'eau, on soumet ce mélange à une forte pression ; le liquide qui en découle est mêlé avec assez d'alcool pour détruire sa viscosité et précipiter la plus grande partie de la matière azotée que l'on sépare à l'aide d'une filtration, la solution filtrée, précipitée par l'alcool donne la diastase impure, on la purifie par trois solutions dans l'eau et précipitations par l'alcool en excès.

La solution de diastase, soit pure, soit contenant du sucre, sépare de même la dextrine de toutes les fécules et matières amylacées et permet ainsi de faire directement l'analyse des farines, du riz, du pain, etc. Lorsque l'extraction de ce principe immédiat nouveau a été faite avec soin, son énergie est telle qu'une partie en poids suffit pour rendre soluble dans l'eau chaude la substance intérieure de deux mille parties de fécule sèche, et pour opérer ensuite la conversion de la dextrine en sucre ; ces réactions sont d'autant plus faciles et la première est d'autant plus prompte que l'on emploie un plus grand excès de diastase. Ainsi, en doublant la dose et la portant à un millième la dissolution de la fécule peut être opérée en dix minutes.

Pour préparer en grand la *dextrine* ou des liqueurs sucrées, on fait usage d'orge germée en poudre dans la proportion de 6 à 10 pour 100 de la fécule ; quand il s'agit d'obtenir du sirop, on soutient pendant environ trois heures la température au degré (de 70° à 75°) où

l'action se prolonge, tandis que pour obtenir la dextrine le moins sucrée possible, dès que la fécule est dissoute, on pousse au terme de l'ébullition qui fait cesser la réaction de la diastase. Voici les détails de ces opérations :

D'abord il faut se procurer de l'orge germée et séchée à l'air libre, ou dans une étuve à basse température, puis moulue, telle en un mot que les brasseurs l'emploient dans la fabrication bien dirigée de la *bière blanche*.

Lorsque dans la germination la plumule a le plus régulièrement possible atteint une longueur égale à celle du grain et que la dessication est faite comme on vient de le dire, cinq parties d'orge suffisent pour obtenir la dextrine de cent parties de fécule ; il en faudrait davantage si ces conditions étaient incomplètement remplies, dans ce dernier cas même, il est rare que dix parties ne soient pas suffisantes.

On verse dans une chaudière chauffant au bain marie 350 à 400 kil. d'eau ; dès que la température est portée de 25 à 30° centésimaux, on y délaie le malt d'orge et l'on continue de chauffer jusqu'à la température de 60 degrés ; on ajoute alors toute la fécule (100 kil.) que l'on délaie bien en agitant avec un rable en bois (la forme le plus convenable pour cet outil est celle de l'agitateur du chloromètre de M. Gay-Lussac). De légères secousses imprimées de temps à autre suffiraient même pour tenir en suspension 500 kil. à 750 kil. de fécule dans une masse de 2 à 3,000 kil. d'eau.

Lorsque la température du mélange approche de 70°, on tâche de la maintenir à peu près constante et de façon du moins à ne pas laisser refroidir au-dessous de 65° et

à ne pas dépasser 75° ; ces conditions sont surtout très faciles à remplir, si le bain marie est chauffé par un tube plongeant jusqu'au fond et amenant de la vapeur qu'on intercepte à volonté par un robinet.

Au bout de 20 à 30 minutes, le liquide, d'abord laiteux, puis un peu plus épais (1), s'est de plus en plus éclairci ; de visqueux, opaque et filant qu'il semblait en l'examinant s'écouler de l'agitateur élevé au-dessus de la superficie, il paraît fluide, presque comme de l'eau, on porte alors vivement la température entre 95 et 100 degrés.

On laisse reposer, on soutire à clair, on filtre, puis on fait évaporer très rapidement, soit à feu nu, soit, et mieux encore, à la vapeur ou dans un bain marie chauffant jusqu'à 110 degrés, environ, sous la pression y relative.

Pendant l'évaporation, on enlève les écumes qui rassemblent la plupart des tégumens échappés à la première défécation.

Lorsque le rapprochement en est au point où le liquide sirupeux forme en tombant de l'écumoire une large nappe, on peut le verser dans un récipient en cuivre, fer-blanc ou bois. Il se prend en masse par le refroidissement et forme une gelée opaque.

Entretenu tiède, mêlé à la levure, puis à de la pâte ordinaire et bien pétrie, il sert immédiatement à la préparation du pain.

---

(1) Lorsque l'élévation de la température jusqu'à 65 à 70 degrés est rapide, le mélange devient fort épais, mais s'éclaircit ensuite quoique plus lentement.

Si on l'étend en couches minces à l'air dans un séchoir ou une étuve à courant, on obtient la *dextrine* sèche, facile à conserver en cet état, qu'on peut réduire en farine, faire entrer dans la composition de toutes les pâtisseries, du chocolat, du pain, des boissons pectorales, stomachiques, etc. Depuis le rapport de MM. Dumas et Robiquet, M. Serres l'a déjà fait employer avec un grand succès dans le service de la Pitié contre les affections des intestins.

Si l'on veut obtenir le sirop de dextrine propre à la fabrication des diverses boissons alcooliques, on suit le même procédé jusqu'au moment où la solution de la fécule est opérée; mais alors, au lieu de porter aussitôt la température jusqu'à environ 100°, on l'entretient entre 65 et 75° pendant 3 ou 4 heures, puis on reprend l'opération et on la termine comme nous venons de le dire.

Le sirop de dextrine ainsi obtenu peut, outre les applications que nous venons d'indiquer, servir au gommage des couleurs, à l'apprêt des toiles à tableaux; susceptible de plus d'adhérence, de plus de fluidité, et plus diaphane que la dextrine peu sucrée, il s'emploie seul ou mélangé avec elle dans l'épaississage des mordans, la confection des feutres, l'application des peintures sur papiers-draps, et supplée avec avantage les gommes indigènes et exotiques dans un grand nombre de circonstances.

On comprendra mieux encore les effets et l'utilité des détails techniques qui précèdent par les notions suivantes relatives aux transformations de la fécule.

Un des résultats remarquables de la séparation effectuée par la diastase entre la substance intérieure dissoute

et les tégumens, c'est que ceux-ci entraînent la plus grande partie de l'huile essentielle vireuse, principe du mauvais goût de certaines fécules, et qu'ainsi l'on peut obtenir plus économiquement que de tout autre manière la dextrine et le sirop de fécule les plus agréables au goût.

Cette heureuse circonstance est surtout importante dans les applications aux préparations alimentaires, à la fabrication de la bière et des diverses boissons alcooliques.

Nous avons démontré en effet, par les faits suivans, que l'huile essentielle vireuse préexiste toute formée dans la fécule des pommes de terre, qu'elle réside dans les tégumens et s'élimine avec eux.

1° On la trouve dans les produits de la distillation; 2° dans l'empois; 3° dans le pain de fécule, tandis que son goût n'est plus sensible dans le pain de dextrine; elle se retrouve encore dans les tégumens éliminés par la diastase et dans l'alcool avec lequel on a lavé la fécule à froid.

Enfin, à l'aide d'un lavage par bandes avec l'alcool et l'eau successivement, on peut facilement enlever l'huile essentielle assez complètement à la fécule pour faire disparaître son goût spécial. Dans cet état, elle remplacerait économiquement les fécules exotiques dites arow-root, tapioka, etc., l'alcool redistillé servirait de nouveau à l'épuration de la fécule.

Depuis le rapport à l'Institut, nous nous sommes occupés d'étudier plus particulièrement la matière tirée de l'amidon par la réaction de la diastase et dénommée *dextrine*.

La dextrine brute, obtenue directement à l'aide de

0,0005 de diastase, ou de la solution d'orge germée, peut être séparée en trois matières différentes ou facilement réduite à deux par plusieurs procédés ci-après décrits.

La dextrine sèche, incolore, diaphane, mise dans l'eau froide, devient opaque en s'hydratant; divisée, jetée sur un filtre, elle y laisse une matière A insoluble qui, lavée et desséchée à froid, est transparente en couches minces. C'est elle dont la présence facilite, comme celle d'un corps solide interposé, la dessication des deux autres matières, elle s'hydrate en devenant opaque dans l'eau froide.

En cet état elle se dissout dans l'eau à la température de 65 degrés, elle se précipite en partie par le refroidissement, et la solution devient plus ou moins opaque ou opaline suivant qu'elle est plus ou moins rapprochée, l'alcool hâte et complète sa précipitation; soit dissoute, soit précipitée, elle offre sous l'influence de l'iode les diverses nuances de bleu ou violet jusqu'au noir, lorsqu'elle approche de l'état de siccité. Cette matière A n'est cependant pas encore pure; vue au microscope, elle présente un grand nombre de tégumens en lambeaux; on peut les éliminer par une température soutenue de 75 à 80 degrés qui les fait déposer, desséchant et répétant deux fois cette épuration; alors la matière A en solution rapprochée ne devient plus opaque en refroidissant; c'est elle qui préexiste dans la fécule, se colore en bleu ou violet par l'iode.

Cette substance A, insoluble à froid, dissoute à chaud, reste dans le liquide refroidi, est précipitée par la baryte et par le sous-acétate de plomb en flocons caillebotés qui se réunissent en magna; le précipité bary-

tique se redissout dans l'eau froide ; la solution décomposée par un courant d'acide carbonique, filtrée, rapprochée, reproduit la substance insoluble à froid. Nous examinerons de plus près cette dernière réaction que nous venons d'apercevoir et ses conséquences probables.

Les faits suivans prouvent l'identité de la substance A dans la fécule et dans la dextrine.

Desséchée en couches minces sur une lame de verre, elle se détache en plaques recroquevillées, diaphanes, élastiques, tenaces, cassant sous un certain effort.

Elle est insipide, neutre, incolore ; exposée à l'air saturé d'humidité, à la température de 15 degrés, pendant 48 heures, elle s'est gonflée, est restée transparente, élastique, mais facilement cassante ; en cet état, elle renfermait 0,24 d'eau sans paraître mouillée. (Dans les mêmes circonstances, la fécule retient sensiblement la même proportion d'eau et paraît *sèche.*) Alors, plongée dans l'eau froide, elle se gonfle davantage, absorbe plus d'eau, reste peu élastique, très facilement cassante, et conserve ses formes comme de la *gélatine pure.*

Chauffée à 65 degrés dans l'eau, elle se dissout, le liquide évaporé devient de plus en plus sirupeux ; redesséchée, elle reprend ses caractères primitifs, lors même que la solution a été tenue pendant trois heures à la température de 76°. (On verra qu'il n'en est pas de même en présence de la diastase) mise en contact avec l'eau froide sans aucune agitation, elle ne s'y dissout pas, et l'iode accuse à peine sa présence dans le liquide.

Mais si on la broie sèche ou mouillée, puis qu'on l'étende d'eau, le liquide, même filtré, en contient une

très notable proportion et se colore fortement en bleu ou violet suivant les proportions d'iode.

Ainsi mise en suspension mécaniquement, ou dissoute à l'eau chaude, le liquide froid qui la contient est troublé par l'alcool. Cette liqueur trouble s'éclaircit à la température de 65° environ, si la proportion d'alcool n'est pas trop forte, et se trouble de nouveau en refroidissant, phénomènes analogues aux phénomènes suivans :

Dissoute à chaud ou suspendue à froid dans l'eau, elle donne les phénomènes de coloration par l'iode, et de décoloration à la température de 90°, indiqués par M. Lassaigne. Nous avons de plus observé que le composé bleu se dissout et disparaît dans l'eau en proportions variables suivant la température, depuis 66 degrés jusqu'à 100°, et reparaît par le refroidissement, pourvu que tout l'iode n'ait pas été transformé en acide hydriodique; dans ce dernier cas, une nouvelle addition d'iode ramène la coloration.

Une proportion minime de chlore ramène aussi la couleur, lorsque la formation de l'acide hydriodique l'a fait disparaître en tout ou en partie ; un excès de chlore détruit sans retour toute coloration.

L'eau et l'alcool peuvent, aux températures intermédiaires entre 0° et 66°, séparer l'iode du composé bleu, le décolorer et le faire disparaître, mais à ces mêmes températures un excès d'iode ramène la coloration.

A 66° il se dissout complètement dans l'eau, en proportion suffisante, comme la substance intérieure de la fécule et le liquide est incolore ou jaunâtre. (Pour démontrer que la dissolution complète a lieu seulement

près de la température de 66°, et afin que la nuance, si elle est faible, reparaisse par le refroidissement, il faut qu'il y ait un excès d'iode qui fasse virer le mélange au violet.)

Ces deux phénomènes distincts rendent compte de l'anomalie apparente de l'*iodure blanc d'amidine*.

L'alumine en gelée, ainsi que le charbon animal, entraînent dans leur précipitation le composé bleu, ils précipitent aussi, mais partiellement, la solution refroidie de la substance A; le liquide surnageant décanté ne donne plus qu'une très faible nuance par l'iode, tandis que l'alumine déposée se colore par le même réactif en bleu ou violet intense.

Broyée avec une solution alcoolique d'iode en magma qui, étendu sur les parois du vase, est aussitôt sec, si l'on verse doucement de l'eau, la matière colorée se détache et se précipite sans teindre la masse du liquide surnageant, à moins que l'on n'agite le tout. C'est là un nouvel indice que le composé bleu n'est pas dissous lorsqu'il paraît coloré.

La même substance A, traitée par la diastase, se peut transformer en matière sucrée et en substance gommeuse comme la fécule, il n'y manque que l'effet dû aux tégumens. Par l'acide sulfurique dans la proportion de deux centièmes; elle se convertit, comme la fécule, en sucre.

Toutes les réactions que nous venons de signaler sont reproduites avec la substance intérieure de la fécule obtenue 1° par un broiement long-temps prolongé à sec et dissolution, ou plutôt suspension, dans l'eau à froid;

2° Par un broyage à l'eau dans un mortier métallique

plongé dans l'eau froide de manière à ne pas s'échauffer sensiblement;

3° Par la dissolution obtenue à 65 degrés d'une partie de la substance intérieure après l'un et l'autre moyen de déchirement ci-dessus;

4° Par la dissolution directe de la fécule dans mille parties d'eau bouillante.

Pendant la réaction prolongée de la diastase sur la fécule, celle-ci se convertit graduellement en sucre et matière gommeuse; enfin la solution ne contenant plus de tégumens imprégnés de la matière A, ne se trouble plus en refroidissant. Cette dernière observation a une grande importance relativement à la fabrication de la bière et à quelques autres applications.

La solution aqueuse limpide, obtenue à froid de la dextrine, rapprochée à sec, puis redissoute à froid, retient encore de la matière A. On l'en sépare en grande partie en alcoolisant le liquide au point de précipiter un peu de la matière soluble. Alors on filtre, puis on ajoute de l'alcool à 30° jusqu'à cessation de précipité.

On chauffe au bain-marie le mélange et l'on épuise à chaud, par l'alcool, le précipité.

Ce précipité séché redissous dans l'eau donne par une nouvelle dessication une matière B *complètement soluble à froid* dans l'eau et dans l'alcool faible, difficile à dessécher et fortement adhérente tant qu'elle retient un peu d'eau, insoluble dans l'alcool, colorée par l'iode, tant qu'elle conserve des traces de la matière A; on parvient à l'en priver complètement par la réaction de la diastase qui forme en outre du sucre, on tient celui-ci en solution par l'alcool, etc.

La matière B ainsi purifiée ne change plus en bleu la nuance de l'iode, il en est de même des débris de tégumens lavés, en sorte que le caractère de coloration par l'iode s'applique exclusivement à la matière A, dans l'amidon.

La solution alcoolique distillée et séchée, le résidu redissous et desséché présente une matière sucrée C difficile à dessécher, quoique peu hygrométrique à l'air, qui n'est pas colorée sous l'influence de l'iode, qui fermente et donne de l'alcool sans mauvais goût, qui n'est pas précipitée par la baryte, tandis que la substance A présente ce dernier phénomène avec des circonstances curieuses sur lesquelles nous reviendrons plus tard.

On peut aussi traiter directement la dextrine rapprochée, à légère pellicule par l'alcool, à 36° (un poids égal), puis épuiser par l'alcool à 30°; le liquide évaporé donne le sucre C que l'on épure.

Le précipité, épuisé à froid par l'alcool faible, laisse la matière B en solution. On l'obtient et on la purifie comme nous l'avons dit plus haut. Enfin, le résidu insoluble contient la matière A qu'il faut purifier aussi.

De ces dernières recherches et de nos précédens résultats obtenus avant le rapport fait à l'Académie des Sciences, on peut conclure :

1° Que la dextrine brute est généralement composée, non compris quelques tégumens, de trois substances : l'une insoluble à froid, soluble à chaud, colorable par l'iode, identique avec la matière intérieure de la fécule;

La deuxième, soluble à froid et à chaud dans l'eau et l'alcool faible, non colorable par l'iode, analogue à la gomme;

La troisième est un sucre soluble dans l'eau, dans l'alcool à 35 degrés, non colorable par l'iode, fermentescible, etc.

2° Que l'action prolongée de la diastase réduit évidemment ces trois substances aux deux dernières en achevant la transformation de la première.

3° Que les tégumens, complètement privés de la substance qu'ils enveloppent dans leur tissu et retiennent fortement, ne sont plus colorés par l'iode en bleu ou violet; qu'ainsi dans la fécule entière, colorée par l'iode, cet agent porte son influence au travers du tégument.

4° Que les phénomènes de coloration et de décoloration par l'iode ont lieu à diverses températures et dépendent de la solubilité relative du composé bleu.

Les trois substances ensemble ou isolément, ou réduites facilement à deux, offrent dans les arts industriels les nombreuses applications que nous avons déjà signalées.

Lentement produites ou éliminées dans la végétation sous l'influence de la diastase, de l'eau et de la chaleur, etc., elles serviront à l'étude de la physiologie végétale.

Il paraît donc évident que la diastase, à l'aide de l'eau, trouble l'ordre des élémens de la partie intérieure dans la fécule, produit deux substances solubles, et favorise ainsi leur sortie à toutes trois du tégument, enfin la séparation de celui-ci.

Nous présenterons, en terminant, un résumé des principales applications 1° de la diastase, 2° de la dextrine, et 3° du sucre de dextrine.

Le nouveau principe immédiat plus ou moins pur

sera surtout utile dans l'essai des fécules, de la farine, du pain et des diverses substances amilacées. C'est un des plus élégans procédés de l'analyse organique.

Dans les solutions qui le contiennent, on aura l'agent de la fabrication de la dextrine commerciale et du sucre de dextrine, opérations déjà amenées à une grande précision et réduites à leur plus simple expression.

Il présente le moyen d'obtenir les tégumens de la fécule privés de toute la substance colorable par l'iode; de se procurer abondamment cette dernière substance ou de la convertir, à volonté, en deux autres principes immédiats, un sucre et une gomme.

Il sert à expliquer le passage des produits de l'amidon dans la sève; guidés par cette considération, on a vu que nous avons recherché et découvert ce principe actif près des points où l'amidon est épuisé par la végétation.

La dextrine obtenue en grand est d'autant plus facile à dessécher qu'elle est moins sucrée.

Isolée des tégumens (qui dans la fécule de pomme de terre sont imprégnés d'huile essentielle et difficilement attaquables), elle offre dans la confection du pain, de diverses pâtisseries, du chocolat, des potages et de beaucoup d'autres préparations culinaires, un goût agréable, elle paraît être d'une digestion plus complète et plus facile que la fécule.

La dextrine remplace, dans les affections entériques, la gomme avec beaucoup d'avantages; plus économique et bien plus constante dans sa qualité, elle n'a pas ce goût fade qui rebute les malades. Tels sont déjà les effets constatés par M. Serres.

Employée plus ou moins sucrée, suivant qu'on veut

l'avoir plus ou moins adhérente et plus ou moins difficile à sécher (1), et facile à convertir en alcool, elle peut servir dans l'épaississage des mordans, le gommage des couleurs, les repiqués des papiers peints, la confection des feutres, des rouleaux d'imprimerie, des tampons à timbres, des paremens pour la chaîne des tissus.

Dans la préparation de la bière, du cidre et des vins, de raisin, de groseille, etc., dont elle compléterait économiquement le principe qui fournit l'alcool. Elle peut remplacer, dans ces boissons, le sirop de fécule à l'acide sulfurique, évitant ainsi la présence d'une grande quantité de sulfate de chaux et le goût de l'huile essentielle; elle les rend à la fois plus salubres et bien plus agréables (2).

Il nous reste un vaste champ de recherches à parcourir sur l'existence de la diastase dans les diverses parties de l'organisation végétale, sur son poids atomique, sa composition élémentaire, ses combinaisons, les produits de sa réaction si spéciale sur des végétaux qui recèlent de l'amidon.

Peut-être sera-t-on moins étonné que nous n'ayons pas été plus loin encore dans cette voie nouvelle, si l'on veut bien admettre qu'entraînés au milieu d'un tourbillon

---

(1) Il convient d'éviter les frais de dessication de la dextrine sucrée en l'expédiant en sirops à 35 degrés.

(2) Parmi les personnes qui s'occupent activement de ces applications, nous pouvons citer M. Drouard, fabricant de papiers peints; M. Buran, M. Mouchot, habile boulanger, qui prépare ainsi un pain et une sorte de pâtisserie recherchés pour leur goût très agréable et leur légèreté; M. Raymond, qui confectionne des

d'applications naissantes y relatives, nous n'avons pas cru devoir refuser notre collaboration aux manufacturiers qui la réclamaient de toutes parts.

Sur *une Combinaison nouvelle de l'Iode avec l'Oxigène, l'Acide hyperiodique;*

Par MM. F. Ammermuller et G. Magnus.

Lorsqu'on pense à la grande ressemblance qui existe entre le chlore et l'iode, il paraît singulier que l'on ait connu jusqu'ici des combinaisons du chlore et de l'oxigène, sans être parvenu à découvrir les combinaisons analogues de l'iode, bien que, d'après d'autres expériences, l'affinité de l'iode pour l'oxigène paraisse être plus grande que celle du chlore pour ce même élément. Nous croyons que notre travail remplira sous ce rapport une lacune; car si nous n'avons pas réussi jusqu'à présent à obtenir toutes les combinaisons de l'iode et de l'oxigène correspondant à celles du chlore, nous avons du moins trouvé une méthode pour se procurer l'acide hyperiodique. Il est d'ailleurs impossible d'obtenir cet acide par la méthode qu'a donnée Sérullas pour se procurer l'acide

---

pâtes pectorales et stomachiques à la dextrine; MM. Chappellet, Janncret, Chaussenot, brasseurs de Paris, qui, remplaçant le sucre de fécule à l'acide sulfurique, par le sirop de dextrine dans la fabrication de la bière, ont su réunir l'intérêt de leurs établissemens à celui des consommateurs.

hyperchlorique, car en chauffant l'iodate de potasse on n'obtient pas d'hyperiodate.

En préparant de l'iodate de soude d'après le procédé de M. Liebig, l'un de nous obtint une matière blanche et pulvérulente, insoluble dans l'eau, laquelle, eu égard aux circonstances dans lesquelles elle s'était formée, nous parut devoir être de l'hyperiodate de soude. On sait que le procédé de M. Liebig pour obtenir le plus avantageusement l'iodate de soude consiste à verser sur de l'iode une grande quantité d'eau, à y faire passer un courant de chlore jusqu'à refus, et ajouter du carbonate de soude à la dissolution. Lorsque la saturation se fait, il se précipite une quantité d'iode considérable. On fait passer du chlore de nouveau dans la liqueur jusqu'à ce que tout l'iode précipité se redissolve de nouveau; on sature avec de la soude, et s'il se séparait encore de l'iode, il faudrait faire agir encore le chlore jusqu'à ce que cette précipitation n'eût plus lieu. On sépare l'iodate de soude en évaporant la liqueur éclaircie et la traitant par l'esprit de vin.

En suivant cette méthode, on avait employé dans les additions successives de carbonate de soude au liquide chargé de chlorure d'iode, plus de carbonate de soude qu'il n'en était nécessaire à sa saturation; et comme, à la dernière addition, la liqueur était encore colorée par de l'iode, on fit passer, pour plus de sûreté, un courant de chlore pendant plus de temps. Lorsqu'on vint à évaporer, nous fûmes fort surpris de voir la liqueur se troubler et laisser précipiter cette matière blanche sous forme d'une poudre pesante et cristalline.

Quant aux conditions dans lesquelles se forme ce

corps qui, nous allons le voir, est de l'hyperiodate de soude basique, nous ne tardâmes pas à trouver qu'on l'obtenait en mêlant une dissolution d'iodate de soude avec de la soude caustique et en y faisant passer du chlore gazeux. On favorise la séparation de cette matière en élevant un peu la température. Si l'on se sert du carbonate de soude au lieu de soude caustique, il faut une chaleur voisine de l'ébullition, parce qu'à la température ordinaire l'acide hyperiodique ne pourrait chasser l'acide carbonique du carbonate.

On peut éviter de faire passer du chlore dans la dissolution, en décomposant et chauffant un mélange d'iodate et de chlorate de soude avec du chlorite de soude. Nous avons préparé le chlorite de soude en décomposant le chlorure de chaux (chlorite de chaux) par le carbonate de soude.

Après nous être convaincus que le sel ainsi préparé dégageait de l'oxigène, lorsqu'on le soumettait à l'action de la chaleur, et que le résidu renfermait de la soude et de l'iode, nous avons essayé d'en faire l'analyse de la manière suivante. On en mit une quantité bien pesée dans une petite cornue de verre, et l'on mesura l'oxigène qui se dégageait en le recevant dans une cloche graduée; puis on fit passer le gaz à travers un tube de chlorure de calcium dont on connaissait le poids, afin de déterminer à peu près l'eau qui se dégageait pendant l'opération. Mais en chauffant la cornue jusqu'à fondre le verre, nous n'avons pu parvenir à chasser tout l'oxigène. Le dépôt ne faisait que s'agglomérer sans fondre, attaquait le verre dans les endroits où il était en contact avec lui, de sorte que, chaque fois, la cornue se brisait

en se refroidissant. En exposant ce dépôt à une plus haute température dans un creuset de platine, il dégageait davantage d'oxigène, et finissait par se fondre.

Les difficultés que nous avons rencontrées dans l'analyse de ce sel pour connaître la composition de l'acide hyperiodique, nous ont obligés à employer un autre sel de cet acide; celui d'argent nous sembla le mieux se prêter à nos recherches. Nous l'avons préparé en dissolvant le sel de soude dans de l'acide nitrique étendu d'eau et précipitant la dissolution par du nitrate d'argent. De cette manière et surtout lorsqu'il se trouvait un peu d'acide nitrique en excès, nous avons obtenu un précipité bien homogène, d'un jaune clair tirant sur le verdâtre, que nous avons lavé avec de l'eau aiguisée d'acide nitrique; nous l'avons ensuite redissous à chaud dans de l'acide nitrique faible, puis en livrant à la cristallisation la liqueur, nous en avons retiré de petits cristaux brillans et de couleur jaune-paille. En les traitant par l'eau chaude, ils devinrent d'un rouge-brun foncé sans s'y dissoudre, ensuite presque noirs, et alors en les pulvérisant, ils donnaient une poudre d'un beau rouge. Au contraire, en évaporant la dissolution du précipité dans l'acide nitrique jusqu'à ce que le sel cristallisât à chaud, nous avons obtenu des cristaux de couleur jaune-orangée.

Par ce procédé, nous avions donc obtenu trois combinaisons différentes de l'oxide d'argent avec l'acide hyperiodique; nous les avons toutes analysées de la même manière que le sel de soude, en les faisant rougir dans une cornue de verre pour recueillir leur oxigène, et quant à la quantité d'oxide d'argent, nous l'avons déterminée en dissolvant dans l'acide nitrique une certaine

quantité pesée de chaque sel, et précipitant l'argent de sa dissolution par de l'acide hydrochlorique. Voici quels ont été nos résultats :

1. *Sel jaune.* 2g,125 ont fourni, en les décomposant par l'action de la chaleur, 0,1311 gr. d'eau et 262 c. c. de gaz oxigène à la température de 16°,5 c., et sous la pression barométrique de 334 lignes. Cette quantité de sel laissa un résidu brun demi-fondu, pesant 1,6475 gr. Il se dissolvait en partie dans l'acide nitrique avec dégagement d'oxide d'azote, et se présentait à l'œil armé comme un mélange d'iodure d'argent et d'argent métallique. D'après cela, la composition du sel serait :

Iodure d'argent avec argent	1,647	=	77,506 p. cent.
Oxigène................	0,354	=	16,659
Eau....................	0,131	=	6,166
	2,132		100,329

Dans une seconde analyse, 1,183 gr. du même sel nous ont donné un résidu de 1,080 gr., 0,073 gr. d'eau et 172 c. c. d'oxigène à la température de 15° c., et sous la pression de 334''',5. On en déduit cette composition du sel :

Iodure d'argent avec argent	1,080	=	78,091 p. cent.
Oxigène................	0,233	=	16,847
Eau....................	0,073	=	5,278
	1,386		100,216 p. cent.

0,685 gr. du même sel ont donné 0,427 gr. de chlorure d'argent fondu, ou 0,3216 gr. = 46,957 pour 100 d'argent.

Les résultats de ces deux analyses nous conduisent à la formule $\underline{\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{J}}\,Ag^2 + 3\,\underline{\dot{H}}$, car en calculant d'après elle, le sel se composera de :

Iode.....	28,598	pour cent.
Argent...	48,981	
Oxigène..	16,307	
Eau.....	6,114	
	100,000	

2. *Sel rouge.* 1,6410 gramm. de ce sel ont fourni 0,0325 gr. d'eau et 216 c. c. d'oxigène à 25° c. et sous la pression de 336 lignes de mercure : le résidu laissé par cette quantité était de 1,3200 gr. Il se comporta tout-à-fait de même que le sel jaune de paille dont nous avons donné la description. La composition du sel rouge serait la suivante :

Iodure d'arg. et arg. métall.	1,320 =	80,436 p. cent.
Oxigène.................	0,283 =	17,247
Eau.....................	0,032 =	1,950
	1,635	99,633

1,0589 gr. du même sel ont donné 0,704 gr. de chlorure d'argent, lesquels renferment 0,5303 fr., c'est-à-dire 50,080 pour cent d'argent métallique.

Ces résultats nous donnent la formule suivante : $\underline{\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{J}}\,Ag^2 + \underline{\dot{H}}$; en la traduisant en nombres on obtient en effet :

Iode.....	29,813 pour cent.
Argent...	51,062
Oxigène..	17,000
Eau.....	2,125
	100,000

Ce sel et le précédent ne diffèrent donc que par la quantité d'eau qu'ils renferment.

3. *Sel orangé.* 1,5638 gr. de ce sel n'ont point donné d'eau, mais 252 c. c. d'oxigène à la température de 22°,6 c. et sous la pression de 337‴. Le résidu était très fusible, complètement insoluble dans l'acide nitrique, ses réactions étaient les mêmes que celles de l'iodure d'argent pur; son poids était de 1,2288 gr. Ce sel contiendrait donc :

Iodure d'argent....	1,2288 gr.	= 78,578 p. cent.
Oxigène..........	0,3323	= 21,249
	1,5611	99,827

1,1226 gr. de ce sel fortement chauffés ont donné 0,8776 gr. d'iodure d'argent fondu; ce qui représente 0,4049 gr. d'argent ou 36,068 pour cent.

La formule du sel $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\underline{J}}\,Ag$ traduite en nombres donne :

Iode...	42,313 pour cent.
Argent.	36,237
Oxigène	21,448
	100

Ce dernier sel est donc de l'hyperiodate d'argent

neutre et anhydre, tandis que les deux autres sont basiques et renferment diverses quantités d'eau de cristallisation. Ce sel neutre est décomposé par de l'eau pure, en un sel basique et en acide hyperiodique. En effet, si l'on arrose les cristaux avec de l'eau à la température ordinaire, ils se détruisent, deviennent de couleur jaune paille, et le liquide qu'on en sépare par filtration possède une réaction acide, ne contient point d'argent, mais bien de l'acide hyperiodique pur dissous dans l'eau. C'est la meilleure manière d'obtenir cet acide à l'état de pureté. En traitant le sel orangé par de l'eau chaude, on observe les mêmes phénomènes de décomposition ; à l'exception que le sel basique qui reste n'est point le sel jaune $\underline{\overset{.....}{J}}\,\dot{A}g^{2} + 3\,\dot{\underline{H}}$, mais le sel rouge $\underline{\overset{.....}{J}}\,\dot{A}g^{2} + \dot{\underline{H}}$. Le sel jaune se transforme aussi immédiatement en sel rouge par l'action de l'eau chaude.

On peut obtenir inversement le sel d'argent neutre au moyen du sel d'argent basique en enlevant à ce dernier l'excès d'oxide d'argent par de l'acide nitrique chaud. Les trois sels se dissolvent dans l'acide nitrique, le sel neutre cristallise de cette dissolution en l'évaporant à une haute température ; mais pour obtenir le sel jaune en cristaux, il faut une basse température. Ce fait nous paraît dépendre de la différence d'affinité de l'acide nitrique pour l'acide hyperiodique à une haute et à une basse température.

Nous devons dire qu'en traitant ces trois sels par l'eau ou l'acide nitrique faible à la température de l'ébullition, nous avons obtenu des traces d'iodate d'argent qu'il

était facile de reconnaître à son insolubilité est à sa couleur blanche.

On obtient l'acide hyperiodique pur en traitant par l'eau, comme nous l'avons dit, l'hyperiodate orangé d'argent. Il contient, comme on le voit d'après les analyses de ses sels d'argent, sept atomes d'oxigène et un double atome d'iode, de sorte que sa composition est la même que celle de l'acide hyperchlorique. On peut chauffer sa dissolution jusqu'à l'ébullition sans le décomposer. On l'obtient en cristaux par l'évaporation : ils ne sont point déliquescens. A une température élevée, ils abandonnent une partie de leur oxigène, et se changent en acide iodique, lequel sous l'influence d'une température encore plus élevée, se décompose en iode et en oxigène. L'acide hydrochlorique le transforme en acide iodique, et il se dégage du chlore.

Après avoir reconnu les propriétés de cet acide, et constaté surtout qu'il forme deux séries de sels, savoir, les sels neutres dans lesquels l'oxigène de la base est à celui de l'acide : : 1 : 7, et les sels basiques, dans lesquels ce rapport est : : 2 : 7 ; nous nous sommes attachés àla recherche des combinaisons de cet acide avec la soude et la potasse.

La meilleure manière d'obtenir l'hyperiodate de potasse est d'ajouter à l'iodate de potasse de la potasse caustique ou carbonatée, et de faire passer du chlore dans la dissolution ; il se précipite alors en petits cristaux blancs difficilement solubles dans l'eau qui, par leurs propriétés extérieures, ressemblent beaucoup à l'heptachlorate de potasse.

1,441 gr. de ce sel n'ont point donné d'eau, mais

300 c. c. d'oxigène à 26° c. et 336‴ de pression barométrique. Le résidu était cristallin et facile à fondre ; c'était de l'iodure neutre de potassium ; son poids était de 1,051 gr. On a d'après cela dans le sel :

Iodure de potassium	1,051 gr.	— 72,950 p. cent.
Oxigène	0,391	— 27,134
	1,442	100,084

D'après le calcul, l'hyperiodate neutre de potasse $\overset{\cdots}{\underline{J}}\,K$ devrait contenir :

Iodure de potassium	72,108 pour cent.
Oxigène..........	27,892
	100

Nous avons obtenu l'hyperiodate basique de potasse en décomposant le sel neutre par de la potasse caustique, et évaporant la dissolution. Il s'en sépare des cristaux blancs qui n'étaient pas plus difficile à dissoudre que ceux du sel neutre de potasse.

1,307 gr. n'ont pas donné d'eau, mais 216 c. c. d'oxigène à 21° c. et 340‴ de pression. Le résidu était fusible, pesait 1,016 gr. Nous l'avons reconnu formé d'iodure de potassium et de potasse caustique. Le sel était donc composé de :

Iodure de potass. avec potasse	1,016 gr.	= 77,735 p. c.
Oxigène..................	0,290	22,188
	1,306	99,923

Le calcul de la formule $\overset{\cdots}{\underline{J}}\,K^2$ de l'hyperiodate basique de potasse donnerait :

Potasse.	17,059 pour cent.
Iodure de potassium.	59,807
Oxigène	23,134
	100

Nous avons préparé l'hyperiodate neutre de soude, en dissolvant le sel basique dans de l'acide hyperiodique pur jusqu'à saturation; le sel cristallise par l'évaporation. Il est blanc, facilement soluble dans l'eau et inaltérable à l'air.

1,565 gr. analysés comme il est dit plus haut, n'ont pas fourni d'eau, mais un volume de 336 c. c. d'oxigène, à 20° c. et 338‴ de pression. Le résidu d'iodure neutre de potassium était cristallin, d'une facile fusion, et pesait 1,126 gr. D'après cela, le sel se compose de :

Iodure de potassium	1,126 gr.	= 71,949 p. cent.
Oxigène.	0,450	= 28,754
	1,576	100,703

La formule $\overset{\cdots\cdots}{\underline{J}}\,Na$ de l'hyperiodate neutre de soude donnerait en nombres :

Iodure de sodium	80,028 pour cent.
Oxigène.	29,972
	100,000

L'hyperiodate basique de soude dont nous avons donné la préparation est presque insoluble dans l'eau froide, il se dissout un peu dans l'eau chaude. Ce sel

possède la propriété remarquable d'abandonner tout son oxigène à une chaleur blanche naissante. Dans les petites cornues de verre qui nous servaient à faire nos analyses et que nous chauffions jusqu'à ce que le verre commençât à fondre, il restait toujours une partie de l'oxigène combinée au résidu. Dans trois expériences, voici les pertes que nous avons observées en eau et en oxigène :

	Eau.		Oxigène.	
1,558 gr.	0,160 gr.	= 10,269 p. cent.	0,285 gr.	= 18,292 p. cent.
1,235	0,125	= 10,121	0,217	= 17,571
1,695	0,176	= 10,383	0,302	= 17,823
Moyenne. . .		10,258		17,895

En exposant le résidu qui avait résisté à la fusion, à une température plus élevée dans un creuset de platine, il y avait une perte de 4,767 pour cent d'oxigène, du poids du sel employé, et il restait une masse fondue que nous avons trouvée composée d'iodure et d'oxide de sodium. Par conséquent la totalité de l'oxigène abandonnée par le sel dans nos expériences s'élevait à 17,895 + 4,767 pour cent, ou 22,662 pour cent. Donc l'hyperiodate basique de soude $\underline{\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{J}}\, Na^2 + 3\,\underline{\dot{H}}$ se compose de :

Soude avec iodure de sodium.	67,080 pour cent.
Oxigène..........................	22,662
Eau..............................	10,258
	100,000

Le calcul donnerait :

Soude $\dot{Na}$	11,505 pour cent.
Iodure de sodium $\underline{J}\,Na$.	55,016
Oxigène $8O$	23,547
Eau $3\dot{\underline{H}}$	9,932
	100,000

En comparant la quantité d'oxigène qui s'est dégagée lorsqu'on a chauffé le sel dans la cornue de verre avec la quantité totale qui peut en être dégagée par la chaleur, on trouve qu'elles sont dans le rapport de 3 à 4, et comme le sel ne peut donner que 8 atomes d'oxigène, le résidu contient nécessairement, outre l'iodure de sodium et la soude, deux atomes d'oxigène, de sorte que sa composition est celle-ci :

$$\underline{J} + Na + 3O$$

Ce résidu (1) attire très avidement l'humidité de l'air, et au bout de quelque temps, il laisse voir de l'iode à sa surface. Il se dissout très difficilement dans l'eau froide. La dissolution colore en bleu le papier de tournesol, et le blanchit peu à peu. L'ébullition la décompose et lui ôte la propriété de blanchir ; elle contient alors de l'iodate de soude que l'on en peut précipiter par l'addition d'alcool. Si l'on met le résidu dans de l'eau bouillante,

(1) En chauffant de l'hyperiodate de potasse basique dans une cornue en verre, nous n'avons pas obtenu de résidu semblable, mais tout l'oxigène s'est dégagé.

l éprouve aussitôt cette décomposition, et c'est pour ela qu'il se dissout beaucoup plus facilement.

L'analogie des propriétés de ce corps avec celles du hlorite de chaux fait soupçonner qu'il contient de l'acide odeux. Si l'on suppose que l'acide iodeux corresponde lans sa composition à l'acide chloreux $\underline{\dddot{Cl}}$, et que par conséquent il s'y trouve un double atome d'iode combiné à 3 atomes d'oxigène $\underline{\dddot{J}}$, la composition de ce résidu deviendra $\underline{J}Na + \dddot{J}\,\underline{\dot{N}a}^3$. Cependant il nous faut laisser à décider s'il ne pourrait pas aussi être représenté par $\underline{\dot{J}} + 2\dot{N}a$. Car, quelque grand que soit l'intérêt que nous offre l'étude de ce sujet, nous n'avons pu la pousser aussi loin que nous l'aurions désiré, parce que le temps pendant lequel il nous était permis d'unir nos efforts était trop limité. Aux expériences faites sur l'acide hyperiodique il faudrait joindre des recherches plus exactes sur la composition de ce corps; et avant de les entreprendre chacun en particulier, nous avons voulu publier en commun les faits que nous avons trouvés ensemble.

Du *Sulfure de plomb cristallisé*;

Par M. Becquerel.

On sait que le sulfure de plomb ou galène, en raison de sa volatilité, peut être obtenu cristallisé en cubes ou en octaèdres, par sublimation. On est parti de là

pour avancer que cette substance avait été formée par voie ignée, dans les filons. Cependant comme il para prouvé maintenant que ces derniers ont eu quelquefois une origine aqueuse, on ne peut pas douter dès lors que des galènes n'aient eu le même mode de formation. Ce qui tend encore à confirmer cette conjecture, c'est que l'on trouve cette substance dans presque tous les terrains, même les terrains secondaires de dernière formation, dont l'origine aqueuse est bien constatée La chimie ne pouvant encore la reproduire cristallisée, j'ai essayé si l'on ne pourrait pas y parvenir, en employant une méthode électro-chimique : le succès a répondu à mon attente, non que je prétende que la nature ait employé un procédé semblable, car je crois, au contraire, qu'il est différent ; mais celui que je vais faire connaître prouvera du moins qu'à l'aide d'un liquide et de deux substances convenablement placées pour qu'un courant électrique résulte de leur réaction réciproque, on peut obtenir des cristaux de galène semblables à ceux que l'on trouve dans les filons.

On prend un tube, fermé par un bout, d'un décimètre de long et 5 à 6 millimètres de diamètre; dans la partie inférieure, on met du sulfure de mercure, environ 2 ou 3 centimètres de hauteur. On verse dessus une dissolution de chlorure de magnésium, puis l'on plonge dans le liquide jusqu'au fond du tube une lame de plomb. L'appareil ayant été fermé hermétiquement, est abandonné ensuite aux réactions électro-chimiques. Un mois, six semaines après, on commence à apercevoir sur la parois du tube, au-dessus du sulfure, une couche très mince d'un précipité brillant, gris métallique, qui

s'en détache facilement et se recouvre peu à peu d'autres petits cristaux. Ces petits cristaux, vus à la loupe, ou au microscope, sont des tétraèdres réguliers, ayant le même aspect que ceux de galène. Aussitôt que l'on ouvre le tube, il se dégage du gaz qui répandant l'odeur propre aux combinaisons du soufre avec le chlore et avec l'hydrogène. En essayant peu de temps après la liqueur avec un acide, il se dégage de l'acide sulfureux. La partie inférieure de la lame de plomb est devenue cassante par suite de la combinaison du plomb avec le mercure. Rien n'est plus simple que d'expliquer ces différens résultats. Lorsque le plomb est en contact avec un chlorure alcalin ou terreux, tel que celui de magnésium, il se forme un double chlorure; du magnésium est mis momentanément à nu par suite de cette réaction, le plomb devient électro-négatif et la dissolution électro-positive. Le premier attire le mercure du sulfure, tandis que le soufre, qui est l'élément électro-négatif, se porte sur le double chlorure, par l'intermédiaire de la couche infiniment mince du liquide qui adhère au verre, laquelle jouit des propriétés particulières que j'ai fait connaître dernièrement. Une portion du soufre se combine avec le plomb du double chlorure et donne naissance à un sulfure qui cristallise; tandis que l'autre portion se combine avec le chlorure de magnésium, et le chlore qui était combiné avec le plomb; d'où résultent un sulfo-chlorure de magnésium.

En continuant l'opération plusieurs mois, la liqueur, dans la partie adjacente au sulfure de mercure, prend une teinte rougeâtre qui est celle du chlorure de soufre. On ne retrouve, avec les réactifs convenables, aucune

trace de plomb dans la dissolution; c'est une preuve que le métal est précipité entièrement par le soufre. La cristallisation du sulfure ne peut être attribuée qu'à la lenteur avec laquelle s'opère la formation des composés.

Le sulfure de plomb artificiel cristallise en tétraèdres réguliers, tandis que les cristaux naturels de cette substance sont des cubes, des octaèdres ou des combinaisons de ces deux formes; mais comme le tétraèdre régulier est compris dans le même système cristallin, rien ne déroge, dans ces deux produits, aux lois de la cristallisation.

J'ai dit que les parois intérieures du tube exerçaient une certaine influence sur la formation du sulfure de plomb, qui s'y dépose en couches excessivement minces. Cette influence est probablement analogue à celle que j'ai déjà signalée dans l'expérience où l'oxide de cobalt est réduit dans un tube de verre à petit diamètre par l'intermédiaire du chlorure de chrôme et de l'eau. La petite couche de liquide adhérente au verre favorise la circulation du fluide électrique. L'antimoine soumis au même mode d'expérimentation que le plomb, donne des lamelles et des petits cristaux dont je n'ai pu encore déterminer la nature; mais qui, suivant toutes les apparences, sont du sulfure d'antimoine. Il en est de même pour le zinc et le fer, dont les appareils fonctionnent très lentement; mais comme le principe général est suffisamment établi par la formation du sulfure de plomb, j'ai pris la liberté de le communiquer à l'Académie en attendant de nouvelles applications.

Paris, 22 juin 1833.

Note *sur l'Influence qu'exerce la température sur la Solution d'Iodure d'amidine.*

L'iodure d'amidine, obtenu en versant avec précau-ion une solution alcoolique ou aqueuse d'iode dans ıne solution d'amidine préparée en traitant la fécule roγée par l'eau froide, est non seulement remarquable ar sa belle couleur bleu-indigo, mais par ce caractère articulier de se décolorer à une température de 89 à o degrés centigrades, et de reprendre ensuite sa cou-eur en refroidissant lentement ou brusquement.

Ce phénomène peut se reproduire plusieurs fois de uite avec la même solution, si on a la précaution de ne as dépasser le point où la décoloration est complète, ar en faisant bouillir la solution pendant une minute et lemie environ, elle perd la propriété de se colorer par e refroidissement.

Dans cette circonstance, l'iode, en réagissant sur une partie de l'amidine, a été transformé en acide hydrio-lique, et l'on peut, en versant avec ménagement une solution faible de chlore, faire reparaître la couleur bleue de l'iodure qui se trouve ainsi régénéré par l'iode mis en liberté.

Le point de décoloration de la solution bleue d'io-dure d'amidine paraît subordonné à la densité de la li-queur. En effet, une solution concentrée qui se décolo-rait à + 89°, étendue de son volume d'eau, s'est déco-lorée à + 77° et au-dessous, lorsque la proportion d'eau était plus considérable.

L'amidine extraite de l'amidon de froment trituré

forme avec l'iode une combinaison remarquable par sa belle *couleur violette*, ce qui semble déjà établir une différence entre ce produit et celui qu'on obtient de la fécule de pomme de terre.

Les réactions qu'exercent les acides sur les solutions de ces deux iodures d'amidine dénotent aussi les différences qui paraissent exister entre ces deux principes retirés de la fécule et de l'amidon de froment.

(*Communiquée à l'Académie des Sciences le* 8 *juillet.*)

Sur *sur la Présence de l'Azote dans toutes les Semences.*

On n'ignore pas que plusieurs semences contiennent de l'azote, puisqu'on peut en extraire des matières de nature animale, comme, par exemple, du gluten de la farine du froment; mais je n'ai jamais vu dans aucun ouvrage, au moins à ma connaissance, que toute semence renferme une matière animalisée.

Pour se convaincre de cette vérité, il suffit de soumettre à la distillation une semence quelconque dans son état naturel, ou mieux, dépouillée de son enveloppe ligneuse. Cependant on n'obtient pas toujours immédiatement par la distillation des produits ammoniacaux. Le riz, par exemple, donne un produit très acide, mais on y démontre aisément la présence de l'ammoniaque par l'addition de chaux. Les haricots, et beaucoup d'autres légumineuses, donnent, au contraire, un produit très ammoniacal. On peut, en général, con-

idérer une graine, abstraction faite de son enveloppe, omme formée de deux parties ; l'une végétale, qui onne à la distillation un produit acide, l'autre ani-nale, qui donne un produit ammoniacal ; en sorte que e caractère acide ou alcalin du produit dépend de la prédominance de l'une de ces deux matières sur l'autre.

J'ai soumis à la distillation toutes les graines qui me ont tombées sous la main, et je n'en ai trouvé aucune qui ne m'ait donné de l'ammoniaque, soit immédiate-ment, et c'était le très grand nombre, soit après l'addi-tion de chaux. Je crois par conséquent pouvoir généra-liser cette observation en établissant en principe que toute semence contient une matière très azotée.

C'est là ce qui explique la qualité si nutritive des graines ; l'étonnante fécondité, comme engrais, du résidu que laissent les graines après l'extraction de l'huile qu'elle contiennent presque toutes ; et récipro-quement aussi la nécessité, dans les engrais, d'une ma-tière animale. Plus cette matière y sera abondante, et plus les engrais auront de puissance végétative, surtout à l'égard des plantes dont les semences, et quelquefois les feuilles, comme dans le tabac, s'assimilent une grande quantité de matière animale. Enfin on comprend plus aisément l'épuisement du sol plus grand par cer-taines plantes que par d'autres ; l'avantage de ne pas laisser se développer les graines inutiles, etc.

La présence d'une matière azotée dans les semences est sans doute une condition essentielle de leur fécon-dité et de leur développement, qui aurait lieu pour tout corps organisé.

G.-L.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN. Barom. à o°.	Therm. extér.	Hygr.	MIDI. Barom. à o°.	Therm. extér.	Hygr.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à o°.	Therm. extér.	Hygr.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à o°.	Therm. extér.	Hygr.	THERMOMÈTRE. maxim.	minim.	ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
1	752,10	+15,4	80	751,83	+15,0	65	751,20	+16,7	60	752,05	+11,5	75	+16,7	+ 3,2	Très-nuageux.	S. O.
2	752,64	+14,8	88	752,50	+15,5	94	752,70	+16,5	92	754.50	+14,8	94	+16,5	+10,5	Pluie.	S.
3	756,08	+20,0	80	754,87	+21,9	67	753,80	+23,2	51	753,60	+18,9	66	+23,2	+12,7	Petits nuages.	S. E.
4	754,57	+20,0	68	754,64	+22,5	65	754,36	+25,3	59	756,10	+19,3	67	+25,3	+13,8	Nuageux.	S. E.
5	760,18	+21,8	75	760,45	+25,1	63	760,92	+26,0	54	763,25	+19,5	76	+26,0	+15,0	Légers nuages.	O.
6	766,08	+17,3	70	765,70	+20,0	51	764,92	+21,5	46	765,24	+15,5	68	+21,5	+11,8	Nuages clairs.	N. E.
7	763,25	+16,7	68	761,90	+19,4	55	760,04	+21,5	42	759,00	+17,2	70	+21,5	+10,5	Beau.	N. N. E.
8	757,04	+19,5	67	756,33	+22,0	63	755,42	+24,3	56	754,67	+18,3	70	+24,3	+12,0	Nuageux.	E. S. E.
9	754.30	+20,5	76	753,96	+23,5	62	753,83	+23,0	58	755,09	+16,2	80	+23,5	+12,2	Nuageux.	S. S. O.
10	756,44	+20,3	49	755,97	+22,0	62	755,40	+22,5	65	755,18	+15,8	80	+22,5	+14,5	Nuageux.	S.
11	758,05	+18,0	54	758,16	+22,5	61	757,86	+22,7	56	758,85	+16,7	80	+22,7	+12,7	Nuageux.	O.
12	758,52	+20,0	46	758,10	+24,8	52	757,05	+25,0	49	757,00	+17,3	80	+25,0	+13,3	Nuageux.	S. S. E.
13	759,70	+19,5	63	760,32	+23,7	54	760,54	+23,8	51	761,87	+15,5	80	+24,2	+13,5	Couvert.	S. O.
14	762,10	+20,8	46	761,20	+23,5	45	759,84	+24,8	45	758,97	+20,5	65	+24,8	+11,8	Nuageux.	E.
15	757,00	+23,7	50	756,06	+25,1	52	754,93	+26,5	46	754,38	+23,0	57	+26,5	+15,2	Beau.	S. E.
16	755,82	+24,6	40	755,60	+25,8	44	754,86	+26,3	40	754,38	+21,3	60	+26,3	+15,8	Petits nuages.	S.
17	754,37	+23,7	40	754,60	+26,5	41	754,00	+26,4	43	758,48	+16,3	91	+26,5	+16,0	Nuages à l'horizon.	S.
18	762,33	+17,0	90	763,00	+18,9	82	762,30	+20,5	68	762,30	+15,8	82	+20,5	+15,3	Couvert.	O.
19	760,88	+19,0	89	760,08	+21,4	65	758,48	+22,8	59	758,60	+17,2	89	+22,8	+12,2	Nuageux.	E. N. E.
20	760,78	+21,8	40	761,18	+22,6	44	761,06	+23,6	46	762,80	+18,8	65	+23,6	+13,0	Nuageux.	O.
21	765,80	+19,6	40	765,13	+22,5	50	764,20	+23,2	52	764,30	+18,2	63	+23,2	+12,5	Nuages clairs.	S. O.
22	764,35	+21,8	45	763,76	+24,0	51	762,80	+24,8	50	763,14	+19,5	68	+24,8	+13,8	Nnages clairs.	N.
23	762,90	+20,6	56	762,22	+23,0	54	761,16	+24,0	50	760,33	+19,5	71	+24,0	+13,7	Légers nuages.	N. E.
24	760,62	+21,5	50	759,45	+24,8	50	758,40	+26,0	50	758,78	+20,5	61	+26,0	+15,0	Nuageux.	N.
25	757,33	+22,7	40	756,58	+26,0	50	755,45	+28,0	44	755,75	+20,2	76	+28,0	+15,2	Nuageux.	N. E.
26	758,55	+16,5	76	758,82	+19,8	65	758,80	+18,3	70	761,17	+11,3	84	+19,8	+11,3	Très-nuageux.	N.
27	762,00	+13,7	50	761,24	+15,7	53	760,42	+17,5	46	761,20	+14,5	70	+17,5	+ 7,0	Beau.	N. E.
28	762,74	+16,3	40	761,96	+17,8	50	760,80	+19,0	48	760,38	+16,5	56	+19,0	+ 8,3	Beau.	N. E.
29	759,72	+19,2	40	759,05	+21,1	40	758,20	+22,0	45	758,58	+18,0	73	+22,0	+11,0	Nuages à l'horizon.	N. O.
30	760,82	+18,8	40	760,67	+19,9	55	760,10	+20,5	51	761,07	+15,8	60	+20,5	+11 5	Nuages à l'horizon.	N. E.
31	761,45	+18,5	40	760,98	+21,0	45	760,23	+22,5	41	760,13	+18,5	55	+22,5	+ 9,7	Beau.	N. E.
1	757,27	+18,6	72	756,82	+20,7	65	756,26	+22,1	58	756,87	+16,7	75	+22,1	+11,6	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en cent.
2	758,96	+20,8	56	758,83	+23,5	54	758,09	+24,2	50	758,75	+18,2	75	+24,3	+13,9	Moyennes du 11 au 20.	Cour. 2,395
3	761,48	+19,0	47	760,90	+21,4	51	860,05	+22,3	49	760,44	+17,5	67	+22,5	+11,7	Moyennes du 21 au 30.	Terrasse, 2,215
	759,31	+19,5	58	758,91	+21,8	56	758,20	+22,9	53	758,75	+17,5	72	+22,9	+12,4	Moyennes du mois.	+ 17,7.

SUR *la Hauteur moyenne du Baromètre au niveau de la mer;*

PAR J. F. SCHOUW,
Professeur de Botanique à Copenhague.

Quoiqu'on ait souvent été conduit, par les différens résultats qu'offrent les moyennes des observations barométriques faites en plusieurs endroits près de la mer, à admettre que la hauteur moyenne au niveau de la mer n'est pas la même partout, on pourrait cependant attribuer ces différences peu considérables, et en apparence irrégulières, au défaut des instrumens, à l'inexactitude des renseignemens sur la hauteur du baromètre au-dessus de la mer, et aux corrections nécessaires pour l'effet de la température et de la capillarité. C'est pourquoi la plupart des physiciens, même de nos jours, ont admis ou que l'état moyen est vraiment identique pour toutes les parties de l'Océan (1), ou que la question n'est pas encore décidée (2).

M. Buch (3) a bien dirigé l'attention des physiciens sur les résultats des observations barométriques de M. le

---

(1) Daniell, *Meteorological essays and observations*, p. 93. — *Rapport sur le voyage de Duperrey*, Férussac, *Bulletin des Sciences mathém.*, 1825, pag. 304, 305.

(2) Humboldt, *Voyages*, partie historique, tome XI, page 1. — Kamtz, *Météorologie*, 2ᵉ partie, page 290, 1832.

(3) Gilbert, *Annalen*, XXVᵉ vol., p. 330, 1807.

prévôt Herzberg, lesquelles, faites pendant neuf ans, dans le Hardanger en Norwège, ne donnent qu'une moyenne de 335‴,85 de Paris; mais comme la différence entre cette moyenne et celle qu'on admet généralement pour la zône tempérée n'est pas très grande, et comme on ne sait pas si l'instrument a été pourvu d'un thermomètre attaché ou non, et si la moyenne donnée a été corrigée pour l'effet de la température et de la capillarité, ces observations, ainsi que le remarque déjà M. de Humboldt (1), ne suffisent pas pour prouver, ni une dépression locale, ni un décroissement de la hauteur barométrique vers le cercle polaire. La variation de cette moyenne est devenue plus vraisemblable par les observations faites aux îles Canaries et rapportées par M. de Buch (2); car les observations qu'il a faites lui-même à Grand-Canaria, depuis le 21 du mois de juillet jusqu'au 10 d'août 1815, donnent une moyenne de 339‴,09 et celles qu'a faites le docteur Escolar, pendant trois ans, à l'île de Ténériffe, 338‴,44. Ces observations ne sont cependant pas exemptes de doutes, parce que celles de M. de Buch n'embrassent qu'une période trop courte, et que les résultats des observations d'Escolar sont déduits seulement des extrêmes des mois.

Ayant reçu au printemps 1824 une série d'observations météorologiques, faites à Næs près Reikiavig en Islande, par M. le docteur Thorstensen, avec des instrumens que l'Académie royale des Sciences de Copen-

---

(1) Humboldt, *Voyages*, partie historique, t. XI, p. 1.

(2) *Bemerkungen uber das cilima der canarischen Inseln. Abhandl. der Berl. Acad. aus den Jahren*, 1820-21, Berlin 1822.

hague lui avait prêtés, je fus, en les examinant, très frappé de ce que ces observations barométriques donnaient une moyenne bien inférieure à celle qu'on admet ordinairement. Ayant communiqué ceci à notre Oersted, il me dit avoir fait la même remarque après la révision de plusieurs observations faites en Groenland. Ce phénomène n'avait pas non plus échappé à M. Thorstensen, à ce que je vis depuis par une note jointe à son journal. Quoiqu'il n'y eût pas lieu de douter de l'exactitude du baromètre de M. Thorstensen, et cela d'autant moins qu'il avait été comparé avec le baromètre d'un voyageur, M. Moerk, je proposai cependant à l'Académie, pour en être d'autant plus convaincu, d'envoyer à Næs un autre bon instrument, afin d'en faire une nouvelle épreuve. Une lettre de M. Thorstensen m'informait que les deux instrumens s'accordaient parfaitement, et alors je n'hésitai plus, en 1825, à publier (1), comme un fait remarquable, que les observations faites pendant trois ans à Næs donnaient une moyenne de seulement 333‴,95 (à 0° R.); en ajoutant qu'une série d'observations faites à Eyafiord sur la côte septentrionale d'Islande, par le capitaine Scheil, pendant deux années, donnait 333‴,93, et que différentes observations, en Groenland, conduisaient à de pareils résultats.

Je fus conduit, par ces faits et ceux cités par M. de Buch, à ce problème, de savoir si les moyennes barométriques d'Islande, de Groenland, de Hardanger et

---

(1) *Programme de l'Académie des Sciences de Copenhague pour l'année* 1825. — *Froriep Notizen*, 1825, n° 255, et ma *Météorologie danoise*, 1826, p. 412.

des îles Canaries n'étaient que des anomalies locales, ou bien si elles étaient des conséquences des lois physiques générales; et voyant qu'ordinairement on n'arrivait à des résultats indubitables qu'au moyen d'une comparaison des instrumens employés, je profitai de l'occasion que m'offrait à cet égard un voyage que je fis en Italie pendant les années 1829 et 1830, pour démêler la question. Je pris donc avec moi deux baromètres, l'un fabriqué à Copenhague, à la manière de Gay-Lussac, l'autre à cuvette, fait en Angleterre par M. Newmann, que M. le conseiller d'état Schumacher avait eu la bonté de me prêter à Altona, et lequel je laissai toujours dans les grandes villes pour ne pas l'exposer aux dangers presque inévitables d'un voyage sur les montagnes, et en même temps pour servir aux observations correspondantes. C'est avec ce dernier baromètre que je comparais les instrumens des observatoires en Italie, et que je faisais en outre des observations stationnaires simultanées à celles desdits observatoires. J'eus le bonheur de rapporter à Altona l'instrument, sans qu'il eût été endommagé.

L'établissement d'un comité météorologique à notre Académie, et la distribution d'instrumens à différens voyageurs et aux observateurs établis dans les colonies danoises, fournirent un autre moyen de fixer avec exactitude la hauteur moyenne du baromètre en différentes parties du monde.

J'avais l'intention de donner les résultats de mes recherches dans mon ouvrage sur le climat et la végétation de l'Italie, et dans le second cahier des *Collectanea meteorologica*; mais le problême sur la moyenne baro-

métrique au niveau de la mer étant de nouveau mis en discussion par le mémoire de M. Erman (1), je préfère publier à présent les résultats les plus essentiels.

Pour avoir une moyenne certaine d'un lieu quelconque, il faut premièrement une série d'observations suffisamment longue, laquelle doit être plus prolongée à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur. Les données suivantes serviront à juger de sa durée (2).

LIEUX D'OBSERVATIONS.	Latitude géographique.	Etendue de la variation des moyennes annuelles.	Période des observations.	Etendue de la variation des moyennes des mois.	Période des observations.
Næs en Islande,	64°	1''',80	8 ans.	15''',92 (3)	12 ans.
Copenhague,	56	1 ,82	12	11 ,39	12
Altona,	53 ½	1 ,18	6		
Paris,	49	1 ,56	11	7 ,53	11
Bologne,	44 ½	0 ,82	4	6 ,15	5
Naples,	41	0 ,94	7	6 ,06	7
Saint-Thomas,	19			1 ,75	1
Christiansborg en Guinée,	5 ½			1 ,92	22 mois (4)

(1) *Poggendorf Annalen*, vol. XXIII, p. 121, 1831.

(2) Næs, *Observations de Thorstensen*. — Copenhague, *Skildring af Veirligets Tilstand i Danmark*, p. 416, 427. — Altona, *Nachr.*, 8 Bd., n° 187. — Paris, Bouvard, *Mémoire sur les observ. météorol.* — Bologne, *Observat. manuscrites de Caturegli.* — Naples, *Observ. de Brioschi dans le Calendario di Napoli.* — Saint-Thomas, *Observat. manusc. de M. le docteur Hornbech.* — Christiansborg, *Observat. manuscrites du docteur Frentepohl et de M. Chenon.*

(3) Moyenne la plus haute du mois, 340'''64, la plus basse 324'''72.

(4) A la Havanne, suivant les Observations de M. Ferrer, la

Cependant, quand les courtes séries d'observations dans le même lieu ou dans des lieux voisins s'accordent bien, les résultats en deviennent plus vraisemblables.

Pour la zone torride, on ne doit pas négliger les variations qu'offrent les différentes saisons de l'année. Il est à présent bien démontré que la pression moyenne de l'air de la saison sèche est plus élevée que celle de la saison pluvieuse, la différence des mois montant en quelques endroits jusqu'à 7‴,5 (1). Si donc la série des observations n'embrasse pas une année entière ou au moins des mois des différentes saisons, la moyenne ne peut servir qu'après avoir été corrigée pour l'effet de cette variation annuelle.

La variation diurne est une autre cause d'erreurs, d'autant plus considérable que le lieu est plus voisin de l'équateur. D'après la table de M. Humboldt (2), l'étendue de la variation diurne (savoir la différence de neuf heures du matin et de quatre heures du soir) est :

0°	latit.	1‴,13
28	30	0 ,63
43	45	0 ,48
48	49	0 ,34
55		0 ,09 (3).

---

différence entre le maximum et le minimum absolus des années 1810-1812 est 13‴,72. (*Connaissance des temps*, 1817, p. 338.)

(1) Voyez *Voyage de M. de Humboldt*, t. x, p. 448 ; et de Buch dans *Poggendorf Annalen*, 15e Bd., p. 356.

(2) *Voyage de Humboldt*, t. x, p. 476 et suiv.

(3) Celle-ci est peut-être trop petite. Les observations du doc-

Le baromètre étant toujours placé sur quelque hauteur au-dessus du niveau de la mer, il faut que cette donnée soit bien connue. On doit donc regretter que très souvent les observateurs ne donnent sur ce point que de renseignemens incomplets, ou le négligent tout-à-fait. Les observations des endroits éloignés à quelque distance de la mer sont presque toujours inutiles pour notre but, parce que la hauteur en est très rarement déterminée avec précision, et ordinairement calculée d'après la moyenne présumée au niveau de l'Océan.

Quoiqu'on sache déjà depuis long-temps que les moyennes barométriques ne peuvent être comparées entre elles sans être réduites à la même température à l'aide d'un thermomètre attaché au baromètre, on trouve cependant, non-seulement dans les anciens journaux météorologiques, mais même dans les plus modernes, des observations et des moyennes non corrigées ; quelquefois il n'est pas remarqué si elles sont corrigées, et par conséquent on est même privé du moyen de les corriger soi-même à l'aide de la température moyenne de l'air, connue pour le lieu de l'observation. Lorsqu'on sait même qu'elles ne sont pas corrigées, la correction faite à l'aide de cette température devient douteuse, surtout dans les contrées très froides, lorsqu'on ignore si le baromètre a été placé dans une chambre chauffée ou non.

On peut dire à peu près la même chose à l'égard de la

---

teur Neuber à Apenrade (55°) donnent 0''',17. (*Collectanea meteorologica*, fasc. 1, p. 189). Celles de M. Forbes à Edimbourg (56°) donnent 0''',12. (Edinburgh, *Journal of sciences*, 1832, april.)

capillarité. Ordinairement les observateurs n'en parlent pas et ne donnent pas le diamètre du tube de leur baromètre. On ignore donc si la correction est faite ou non, ou si, peut-être par l'arrangement de l'échelle du baromètre, cette correction est devenue superflue.

Finalement, le désaccord des instrumens présente un grave obstacle à ce genre de recherches; car, même les meilleurs instrumens offrent des différences plus ou moins considérables. Pour les contrées entre les tropiques ou jusqu'au 30e ou 35e degré, où la marche du baromètre est si régulière, les journaux marins qui contiennent les observations faites avec le même instrument, peuvent donner des résultats très importans; mais pour les contrées au-delà des tropiques, ces observations faites à bord des vaisseaux ne servent presque à rien, à cause des grandes variations, même quand elles embrassent des mois entiers. Or, à l'égard de ces contrées, la comparaison des instrumens devient d'une haute importance et est presque indispensable pour pouvoir se fier avec sécurité aux résultats, à moins que la déviation ne soit trop considérable pour être attribuée aux instrumens. Il faut cependant avouer que plusieurs séries d'observations, s'accordant ensemble, donnent des probabilités plus ou moins importantes.

En nous bornant premièrement à une zone comprise entre l'équateur et le 30e ou 35e degré de latitude septentrionale et méridionale, nous voyons que *la moyenne barométrique au niveau de la mer augmente considérablement et d'une manière très régulière de l'équateur vers les latitudes indiquées.*

Mon ami, le docteur *Trentepohl*, jeune homme plein

d'enthousiasme pour les recherches physiques, après avoir fait un voyage à la Chine comme chirurgien sur un vaisseau danois, fut ensuite nommé chirurgien des colonies danoises en Guinée. Il partit pour cette contrée où son zèle pour les sciences causa sa mort prématurée. Dans son voyage de Copenhague en Guinée, il fit chaque jour de nombreuses observations avec un baromètre marin; cinq presque tous les jours à des heures fixes, c'est-à-dire à 5 et 9 heures du matin, à midi et à 4 et 10 heures du soir, époques du jour qui donnent une moyenne approchant de la moyenne de toutes les 24 heures (1). De ces observations réduites à *O° R.*, j'ai calculé la moyenne barométrique de chaque jour depuis le 24 décembre 1828 jusqu'au 20 janvier 1829, entre le 32e et le 4e degré de latitude boréale.

JOURS.	LATITUDE.	MOYENNE BAROMÉTRIQUE RÉDUITE A 0° R.
1828 décembre 24	32°	341,29
25	31 .5′	340,65
26	29 .7	339,85
27	27 .19	339,67
28	25 .36	338,87
29	23 .41	338,91
30	21 .51	338,49
31	19 .40	338,49
1829 janvier 1	17 .15	337,96
2	15 .16	337,47
3	13 .46	337,45
4	12 .18	337,14

(1) D'après les observations de Freycinet à Rio-Janeiro dans le mois d'août, la moyenne desdites heures était 765mm,89, celle de 24 heures 765,87. (Humboldt, *Voyage*, t. x, p. 403.)

JOURS.	LATITUDE.	MOYENNE BAROMÉTRIQUE RÉDUITE A 0° R.
1829 janvier 5	10°.45′	336,46
6	9 .38	336,04
7	8 .16	336,15
8	7 .14	336,04
9	6 .59	336,15
10	6 .31	336,04
11	6 .12	336,24
12	5 .40	336,13
13	5 .28	336,11
14	4 .38	336,03
15	4 .9	336,20
16	4 .36	336,10
17	4 .57	335,60
18	4 .51	335,40
19	4 .53	335,50
20	4 .46	336,05

Le décroissement de la moyenne est presque continu.

Le capitaine *Spencer* (1) observait le baromètre, dans un voyage de Rio Janeiro en Angleterre, à différentes heures. Les moyennes, rangées d'après les limites des alizés, sont :

LATITUDE.	ÉPOQUES.	Nombre des observations.	Baromètre réduit à 0° R.
18°—24° ½ méridion. hors des alizés,	1-6 déc.	18	337‴,33
2° septent. — 18° méridion. alizé sud-est,	7-13	21	336 ,21
4° à 5° boréale entre les deux alizés,	14-15	6	335 ,08
6° à 14° boréale alizé, nord-est,	16-19	12	336 ,21
17° à 24° ½ boréale hors des alizés,	20-23	12	338 ,57
26°—28° boréale hors des alizés,	24-26	9	340 ,26

(1) Daniell, *Meteorological essays and observations*; Lond., 1823, p. 348.

Suivant ces observations, la moyenne la plus basse appartient à la zone intermédiaire des deux alizés, elle monte par les alizés mêmes et atteint hors de ceux-ci une hauteur considérable.

Dans le voyage que fit le docteur Trentepohl à la Chine, en 1826 et 1827, il passa quatre fois l'équateur. Il fit alors des observations barométriques au moins trois fois par jour. Voici les moyennes de ses observations rangées d'après la latitude (1) entre l'équateur et le 30ᵉ degré septentrional et méridional.

TEMPS.		LATITUDE.	BAROMÈTRE réduit à 0° R.
Mer Atlantique.			
1826. Du 31 mai	au 5 juin	30 à 20° sept.	341,55
6 juin	10	20 10	338,70
11	28	10 0	338,56
29	4 juillet	0 10 mérid.	338,56
5 juillet	11	10 20	340,28
12	18	20 30	340,89
1827. Du 20 juin	27	30 20 mérid.	340,26
28	14 juillet	20 10	339,70
15 juillet	19	10 0	338,17
20	24	0 10 sept.	337,31
25	5 août	10 20	337,44
6 août	10	20 30	339,42
Mer indienne et australe.			
1826. Du 23 septemb.	au 29 sept.	30 20° mérid.	338,84
30	6 octob.	20 10	337,97
7 octobre	20	10 0	336,33
21	11 nov.	0 10 sept.	336,23
12 novembre	18	10 20	336,51
19	5 déc.	20 22	340,17

(1) Le journal de Trentepohl ne donne point de renseignemens exacts sur les limites actuelles des alizés.

TEMPS.		LATITUDE.		BAROMÈTRE réduit à 0° R.
1827. Du 23 février au	1 mars	20 à 10° sept.		338,73
2 mars	8	10	0	337,09
9	31	0	10 mérid.	336,52
1 avril	17 avril	10	20	337,22
18	13 mai	20	30	338,13

La table donnée par M. *Erman* (1), d'après ses observations faites sous les vents alizés, prouvent également, comme il l'observe lui-même, que la moyenne augmente depuis l'équateur jusqu'à leurs limites extérieures.

I. *Alizé nord-est.*

MER DU SUD.						MER ATLANTIQUE.					
Long. moyenne de 165°, mai, juin.			Long. moyenne de 237°, janvier.			Longit. moyenne 328°, juillet, août.			Longit. moyenne 340° novembre.		
Lat. mér.	4°,5	336,45									
sept.	0 ,5	336,34							Lat. sept.	6°,0	337,86
	5 ,0	336,28				Lat. sept.	12°,2	338,43		9 ,0	337,77
	9 ,5	336,12	Lat. sept.	9°,7	338,57		17 ,8	338,72		14 ,5	338,74
	14 ,0	337,20		14 ,5	338,92		22 ,5	339,30		19 ,9	339,34
	19 ,5	337,85		19 ,5	339,09		27 ,8	340,02		24 ,8	339,16
	25 ,1	338,34		23 ,2	339,12		30 ,4	340,68		27 ,6	339,14

II. *Alizé sud-est.*

Longit. moyenne 177°, mai.			Longit. moyenne 222°, janvier, février.			Longit. moyenne 325°, juillet.			Longit. moyenne 332° décembre.		
Lat. mér.	13°,8	337,07	Lat. sept.	3°,5	337,23	Lat. sept.	4°,3	338,69	Lat. sept.	4°,5	337,98
	16 ,5	337,73		0 ,0	337,17	mér.	1 ,9	338,69	mér.	1 ,9	337,6[illegible]
	18 ,5	337,89	mér.	3 ,5	338,59		6 ,4	(338,57)		6 ,5	337,5[illegible]
	21 ,5	338,92		8 ,0	337,90		11 ,4	338,64		13 ,3	338,0[illegible]
	24 ,1	339,30		13 ,1	(336,63)		14 ,5	339,43		19 ,8	339,1[illegible]
				23 ,0	337,96		24 ,4	339,91		22 ,0	339,1[illegible]
				26 ,8	339,22						

(1) *Poggendorf Annalen*, B. 23, s. 144.

Le journal météorologique du voyage de M. *Krusenstern* (1) contient les observations barométriques de chaque jour à midi. Les hauteurs du baromètre sont toutes trop basses et *Horner* (2) croit qu'on ne peut se fier à la hauteur absolue de ces observations ; mais elles nous indiquent, comparées entre elles, la même loi, puisqu'elles donnent les moyennes :

LATITUDE.				TEMPS.	BAROMÈTRE réduit à 0° R.
I. Océan Atlantique.	28° à	20°	boréale.	Octobre, novembre.	335,32
	20	10		Novembre,	335,15
	10	0		»	332,69
	0	10	mérid.	Novembre, décembre,	333,68
	10	20		Décembre,	334,63
	20	27		»	333,80
II. Mer Indienne.	10	20	mérid.	Mars,	332,58
	20	30		Mars, avril,	333,34
III. Mer du Sud.	30	20	mérid.	Avril,	335,22
	20	10		Avril, mai,	334,59
IV. Océan Atlantiq.	30	20	mérid.	Avril,	335,75
	20	10		Mai,	335,53
	10	0		»	334,21
	0	10	boréale.	Mai, juin,	334,60
	10	20		Juin,	334,94
	20	30		»	337,60

A cause de ce doute à l'égard du baromètre, M. Horner ajoute les résultats des observations de Cook (3), savoir :

(1) *Reise um die Welt*, 3 th., p. 318-358.
(2) *Ibid.*, p. 163, et Gilbert, *Annalen*, 62 Bd.
(3) Gilbert, *Annalen*, B. 62, p. 206.

Océan Atlantique.

LATITUDE.	Du 21 août au 6 octobre 1776.	Du 21 mai au 4 juillet 1780.
25° à 10° boréale	338‴,38	340‴,06
10 0	338 ,54	339 ,43
0 10 mérid.	338 ,99	339 ,68
10 25	340 ,71	339 ,99

Ces moyennes, n'étant pas corrigées pour l'effet de la température, sont un peu douteuses. Cependant les variations de la température n'étant pas grandes entre les tropiques, l'erreur ne saurait être grande.

Dans un voyage de Copenhague au Brésil, mon ami, le docteur *Lund* (1) observa le baromètre sur l'Océan Atlantique entre le 36ᵉ degré boréal et le 20ᵉ degré méridional depuis le 1ᵉʳ novembre jusqu'au 4 décembre 1825. Ces observations furent faites ordinairement à une heure après midi, et les observations du thermomètre libre, à l'aide duquel je les ai corrigées, à deux heures.

LATITUDE.	BAROMÈTRE RÉDUIT A 0°.
36° à 20° septent.	338,27
20 10	336,28
10 0	334,65
0 10 méridion.	334,98
10 20	335,86

(1) Ces observations sont publiées dans *Tidsskrift for natur videnskaberne*, 5 B. s. 91.

Freycinet (1) fit des observations à l'Ile-de-France (20° lat. mérid.) depuis le 15 juin jusqu'au 10 de juillet 1818, quatre fois par jour, c'est-à-dire à 7, 3, 11, 3 heures. Il se servait d'un baromètre à cuvette de Fortin et d'un autre à siphon de Gay-Lussac. Les corrections pour la hauteur et pour la capillarité étant faites, la moyenne réduite à 0° est de . . . . 338‴,92.

Les observations, au contraire, qu'il fit à Timor (10° lat. méridion.) ne donnent que (2) . . . . 336,23.

Mais celles faites en août 1820 à Rio Janeiro (23° l. mér.) corrigées pour la température, la capillarité et la hauteur (3) donnent . . . . 339,95.

Toutes ces observations faites sur des vaisseaux pendant des voyages, chaque série avec le même instrument, suivent ainsi la même règle et prouvent évidemment un décroissement de la moyenne de 30 ou 35° à l'équateur.

Les observations stationnaires nous conduisent à la même conclusion. Il est vrai qu'à l'égard de celles-ci l'accord des instrumens n'est pas prouvé ; mais d'un côté, la grande différence qu'on trouve entre les lieux près de l'équateur et ceux situés sur 20-35° de latitude, et de l'autre côté l'harmonie des lieux voisins rendent le décroissement vers l'équateur très vraisemblable.

A la forteresse de Christianborg en Guinée (5° 24′ lat. sept.), M. Trentepohl et, après sa mort, M. Chenon observèrent, pendant 22 mois (depuis mars 1829 jusqu'en décembre 1830), très régulièrement 5 fois par

---

(1) *Voyage autour du monde*, p. 96, 366, 559.

(2) On n'a pas donné de renseignemens sur le temps.

(3) Voyez *Voyages de Humbold*, t. x, p. 402, note 2.

jour (à 6, 9, 12, 4, 10 heures), un baromètre à cuvette pourvu d'un thermomètre attaché, et confié par l'Académie des Sciences de Copenhague. La hauteur de l'instrument au-dessus de la mer est de 45 pieds, la température moyenne 22°,31 R. Le baromètre, avant d'être transporté en Guinée, a été comparé avec un baromètre de Troughton à l'observatoire de Copenhague, celui-ci avec un baromètre de Fortin à Altona (1), lequel peut se réduire au baromètre normal d'Altona (2). La moyenne de ces observations, réduites à 0° au niveau de la mer et au baromètre normal d'Altona, serait...... 336‴,95.

L'Académie a reçu de M. le docteur Hornbech une série d'observations faites à l'île de Saint-Thomas aux Indes Occidentales (19° lat. sept.), depuis mars 1830 jusqu'en mars 1831, trois fois par jour, savoir : à 5-9 heures du matin, 2-5 heures et 8-12 heures du soir. La hauteur 20 pieds. Le baromètre, pourvu d'un thermomètre, a été comparé à celui de l'observatoire de Copenhague, mais ayant été réparé après, la réduction ne peut plus être exacte. La moyenne, réduite à 0° et au niveau de la mer, serait.......................... 337‴,13.

Humboldt (3) donne pour Cumana (10° latitude sept.)............................ 336,28.

---

(1) Voyez *Astronomische Nachrichten*, 4 B., p. 184.

(2) La réduction aux baromètres d'Altona n'est pas cependant très exacte à cause qu'on a réparé le baromètre de Troughton après l'avoir comparé avec celui de Fortin, mais avant la comparaison avec celui envoyé en Guinée.

(3) *Essai sur la géographie des plantes*, p. 90; *Voyage*, t. XI, p. 1.

Boussingault (1) a obtenu à Guayra (10° lat. sept.), par les observations avec des instrumens comparés à ceux de l'Observatoire de Paris, pendant 12 jours, une moyenne, réduite au niveau de la mer et à 0°, de . . . . 336,98.

Pentland (2) obtint au Pérou (12 à 13° mérid.) avec un baromètre de Fortin une moyenne, corrigée pour la température et la capillarité, de. . . . . 337,35.

Les observations de Ferrer (3) à la Havanne (23° l. s.), faites dans les années 1810-1812, 336″,99 à 0°. La hauteur au-dessus de la mer n'est pas donnée.

Quatorze observations de Clapperton (4) à Badagry en Guinée (6° l. sept.) du 2 au 6 décembre 1825, 332‴,39. La hauteur manque.

Deux observations du capitaine Sabine (5) au fort Thornton à Sierra-Leone (9° l. sept.), au 28 de mars (à 7 h. et à 11 heures du matin), 190 pieds anglais au-dessus de la mer, lesquelles réduites au niveau de l'Océan et à 0° donnent 336‴,13, et celle du même auteur à l'île de l'Ascension (8° l. mérid.), au 9 de juillet à 9 heures et demie du matin, ... 338‴,13.

Ces observations sont faites entre l'équateur et le 20e degré ; voyons maintenant la zone entre le 20e et le 35e degré (boréal et méridional).

---

(1) *Voyage de Humboldt*, t. XI, p. 1.

(2) Hertha, B. 13, p. 1829.

(3) *Connaissance des temps*, 1817, p. 338.

(4) Clapperton, *Journal of a second expedition*; London, 1829.

(5) Daniell, *Meteorological observations and essays*, p. 323, 324.

A Funchal, sur l'île de Madère 32° ½ l. bor.), M. le docteur Heineken (1) observa pendant deux ans entiers (1826-1827), un baromètre à 89 pieds anglais au-dessus de la mer. Les observations corrigées pour la température à l'aide d'un thermomètre libre et réduites au niveau de la mer, donnent.................. 339''',20.

Quatre observations dans le même lieu faites par Sabine (2) au 13 de janvier 1822 donnent.. 342''',66.

Les extrêmes mensuels des observations du docteur Escolar faites pendant trois ans à St.-Cruz, à l'île de Ténériffe (28° l. bor.) (3), réduite à 0° et à la mer, donnent 338,44. J'ai remarqué ci-dessus que les extrêmes ne fournissent pas une moyenne bien certaine; cependant les variations du baromètre ne sont pas grandes dans ces parages, et l'analogie d'autres observations prouve que les extrêmes donnent la moyenne trop petite et jamais trop grande. Elle est, par exemple (4) :

A Copenhague (16 ans), 0''',81 au-dessous de la moyenne de toutes les observations.

A Paris (11), 0,77.

A Palerme (35), 0,44.

A Madère (1), 0,33.

En corrigeant la moyenne barométrique de St.-Cruz

---

(1) Edinburgh, *Journal of science*, vol. x, p. 78.

(2) Daniell, *loc. cit.*, p. 315.

(3) De Buch, *Physicalische Beschreibung der Canarischen Inseln*, p. 72.

(4) *Skildring af Veirlegets Tilstand i Danmark*, p. 430. — Bouvard, *Mémoire*, etc., 48-60. — *N. Cacciatore del real osservat. di Palermo*, vol. I, Palermo, 1826, app. — Heineken, *loc. cit.*

à l'aide de cette dernière différence, on aurait pour vraie moyenne .... 338‴,77.

J'ignore les heures d'observations, mais je les suppose les mêmes que celles des observations du thermomètre, savoir au lever du soleil et à midi, heures dont la moyenne ne peut pas différer beaucoup de la vraie.

Les autres observations faites dans les îles Canaries, réduites à la mer et à 0°, donnent les moyennes suivantes (1) :

De Buch,	*Las Palmas* sur l'île Gran Canaria (à 7, 11, 4, 11 heures),	21 juillet au 10 août 1815......	339‴,09
Id.	*Puerto Orotava*,	7 jours de mai..............	337 ,77
Id.	*Id.*	7 jours de septemb. et d'octob.	338 ,38
Id.	*Lanzerote*,	3 jours....................	339 ,80
Lamanon,	*Santa-Cruz*,	observations isolées en 1785..	339 ,00
Cordier,	*Puerto Orotava*,	1803..	341 ,60

Eschwege (2) a publié les résultats de son journal météorologique tenu à Rio Janeiro (23° lat. mérid.). La moyenne de ses observations, faites dans les trois mois d'août, septembre et d'octobre 1817, à des heures différentes, réduites à 0° et au niveau de la mer, est de 339‴,30. Or, d'après les observations que Dorta a faites au même lieu, la moyenne de ces trois mois est 0‴,61 plus élevée que la moyenne de l'année entière (3). Ainsi la vraie moyenne serait, avec cette correction, 338‴,69.

Elle pourrait cependant être plus haute, parce que Eschewege (4), dans un autre passage, dit que les ob-

---

(1) De Buch, *loc. cit.*, p. 72-73.

(2) *Journal von Brasilien Heft*, 2, p. 137.

(3) Humboldt, *Voyage*, x, p. 428.

(4) *Loc. cit.*, Heft, 1, p. 273.

servations d'un an et demi, faites à Rio-Janeiro, 20° pieds au-dessus de la mer, lui ont donné une moyenne de 30″,275 mesures angl. (sans indication de la température), ce qui est plus que la moyenne non corrigée des trois mois cités (savoir 30″,230 à 25 pieds). Les observations de Dorta (1) faites pendant un an (à 10, 12, 4, 10 heures) ne donnent que 337′,59 à 0°, mais il n'a pas réduit cette moyenne au niveau de la mer.

Les observations que MM. Puhlmann et Wahlstrand (2) ont faites au cap de Bonne-Espérance (33° lat. mérid.) pendant les années 1818-1826 réduites à 0° nous donnent 338,24, quoiqu'on n'ait rien compté pour la hauteur au-dessus de l'Océan.

Celles de l'abbé Richenet (3) à Macao (23° lat. bor.), en 1814, réduites à 0°, mais pas à la mer . . . 338‴,23.

Quelques observations faites à Tripoli (33° lat. bor.) par Denham et Clapperton (4), pendant leur séjour en cette ville depuis le mois de novembre jusqu'au mois de mars, fournissent une moyenne très haute, savoir 30″,39 angl. Les renseignemens sur la température et la hauteur ne sont pas donnés; en présumant que les observations ne sont pas corrigées et en admettant une température de 11°,6 R. des mois indiqués (5), on aura 341‴,28. Or, d'après les observations faites au Caire,

(1) Humboldt, *loc. cit.*

(2) *Poggendorf Annalen*, B. 15, p. 316.

(3) Humboldt, *Voyage*, t. x, p. 451, note 2.

(4) *Appendix*, p. 269

(5) Moyenne entre la température du Caire et celle de Tunis pour les mois de novembre et mars.

la moyenne de ces mois est 1‴09 plus haute que celle de l'année entière (1) ; la vraie moyenne pour Tripoli serait donc . . . . 340,19.

Ces argumens pour une haute moyenne barométrique entre le 20ᵉ et 35ᵉ degré de latitude, ne peuvent pas être affaiblis par le résultat des observations de Coutelle au Caire (2) (30° l. s.) qui ne donnent que 336‴,41 à 0°, parce qu'il n'est pas réduit au niveau de la mer.

Ayant en Italie comparé les instrumens employés pour les observations journalières dans les différens observatoires astronomiques, avec mon baromètre de Newmann, je suis en état de réduire toutes ces observations au baromètre normal d'Altona. Mais comme ces comparaisons des instrumens n'étaient fondées que sur un petit nombre d'observations, et puisqu'on pourrait toujours douter de l'exacte détermination de la hauteur des instrumens, j'ai trouvé à propos d'ajouter une autre méthode pour avoir la moyenne au niveau de la mer. J'ai par conséquent institué très près de la mer et sur des hauteurs très petites des séries d'observations simultanées avec celles des observatoires, et à l'aide des différences trouvées, j'ai réduit de longues séries d'observations au niveau de la mer et au baromètre normal. On verra que les deux méthodes ne diffèrent que de très peu entre elles ; les résultats de la seconde semblent mériter la préférence.

Du 4 décembre 1829 jusqu'au 1ᵉʳ de mars 1830 la hauteur du mercure de mon baromètre de Newmann

(1) De Buch, *Poggendorf annalen*, B. 15, p. 357. (Observations de Coutelle.)

(2) *Description de l'Egypte*, t. XIX.

fut notée à différentes heures (le plus souvent à 8, 3, 11 heures), à mon logis à Naples (41°), tout près de la mer (Grottone di Palazzo). La moyenne de 232 observations réduites à 0° et au baromètre normal, donnent 335‴,23. Pour déterminer la hauteur de mon instrument, je le transportai quatre fois à la mer, en faisant avant et après des observations à mon logis ; ainsi, j'ai eu une différence de 1‴,40 avec cette correction et une petite réduction pour la hauteur de 4^{pi},2 de la cuvette de l'instrument au-dessus du niveau de la mer; la moyenne barométrique pour ladite période serait 336‴,69. Les observations faites dans le même temps à l'observatoire royal de Capo di Monte, communiquées par M. le professeur et chevalier Brioschi, me donnèrent 330‴,04 (différence 6‴,65). Or, les observations au même endroit, pendant 7 ans (1822-1828) (1), donnent 331‴,29 réduites à 0°. Par conséquent la vraie moyenne au niveau de la mer, réduite au baromètre normal d'Altona, serait . . . . 337‴,94.

D'après la comparaison des instrumens, celui de M. Brioschi donne la hauteur du mercure 0‴65 moins élevée que celui d'Altona (2). La hauteur de l'instrument au-dessus de la mer est, d'après Brioschi, 452 pieds,

(1) *Calendario di Napoli* 1824-1830. Les observations sont faites deux fois par jour; savoir : à 6 heures du matin et à 6 heures du soir.

(2) J'ai omis ici, comme à l'égard des observations comprises entre le 4 décembre 1829 et mars 1830, la correction pour la capillarité; elle est d'après M. Brioschi 0‴,90. En l'ajoutant, la hauteur du baromètre serait 0‴,25 plus élevée que celle du baromètre normal.

la température moyenne de l'année à Capo di Monte, 12°,96 R. Ainsi, la moyenne de sept ans 331,29, réduite au niveau de la mer et au baromètre normal, serait 337‴74 qui ne diffère que peu de celle obtenue suivant l'autre méthode.

Du 2 août jusqu'au 2 de septembre 1829 mon baromètre anglais fut observé à Livourne (43° ½), dans une maison située immédiatement au bord de la mer, chaque jour à midi, la hauteur de la cuvette étant 62pi,7. La moyenne de ces observations réduite à 0°, au niveau de la mer et au baromètre normal, était 337‴,80. Les observations simultanées, faites à midi à l'observatoire astronomique *delle Scoule pie* à Florence, et communiquées par M. le professeur Inghirami, donnent 335‴,42 à 0°. La moyenne de 9 ans (1821-1829), d'après trois observations par jour (7, 12, 11 heures) (1), est de 335,38 ; donc cette moyenne, réduite au niveau de la mer et au baromètre normal, serait........ 337‴76.

La hauteur du mercure dans le baromètre de l'observatoire de Florence, étant 0‴,45 plus élevée que celle du baromètre normal, la hauteur du premier au-dessus de la mer, d'après Inghirami, 205 pieds, et la température moyenne 12° R., la moyenne, réduite suivant l'autre méthode, serait........................ 337,58.

On peut aussi comparer la série d'observations à Livourne avec les observations simultanées (à midi) faites à l'observatoire de Bologne (44° ½) communiquées par MM. Caturegli et Moratti. Ainsi on aura : Livourne, 337‴,80; Bologne, 333,47; différence 4‴,33. La moyenne

(1) *Antologia di Firenze*.

de cinq ans 333,54 à 0°, réduite à l'aide de cette différence, est par conséquent.................. 337,87.

D'après l'autre méthode, le baromètre de Bologne indiquant une hauteur inférieure de 0''',83 à celle du baromètre d'Altona, et étant, suivant M. Caturegli, 196^{pi},75 de Bologne (230 pieds de Paris), au-dessus de l'Océan et la température de l'air à midi 12°,3 R., la vraie moyenne serait.................. 337,32 (1).

57 observations faites avec le baromètre de Newmann depuis le 14 de juillet jusqu'au 8 août 1830 (à différentes heures) à Venise (45° $\frac{1}{2}$ lat. sept.) dans une maison touchant au canal et à une hauteur de 42 pieds au-dessus du niveau moyen de la mer, réduites à 0° et au baromètre normal, donnent............. 337''',76.

78 observations faites dans les mêmes jours à l'observatoire de Bologne, trois fois par jour (à 9, 12, 3 h.) 333''',72. Si donc on réduit ladite moyenne de 5 ans 333,54 à l'Adriatique, on aurait 337''',58; ou, en se tenant seulement à douze observations parfaitement simultanées,.................................. 337'''74.

En comparant ces observations faites à Venise avec celles de l'observatoire de Padoue (45° $\frac{1}{2}$) communiquées par le professeur Santini, on aura :

Moyenne de 57 observ. à	Venise réduites au niveau de la mer	337,76
71	Padoue (à 6, 3, 9 heures)........	336,34
	Différence......	1,42

(1) La différence considérable entre cette moyenne et celle obtenue par l'autre méthode fait présumer que la hauteur de 230 pieds est trop petite.

Moyenne de 26 observat. parfaitement simultanées à Venise··	337,67
Padoue·	336,33
Différence······	1,34

D'après le *Giornale astro-meteorologico*, les observations faites à l'observatoire pendant 15 ans (1802, 1803, 1810, 1811, 1813, 1821, 1827, 1828) donnent 336‴,53 à 0° (1). Cette moyenne réduite au niveau de la mer et au baromètre normal à l'aide desdites différences serait 337‴,95 ou.............................. 337‴,87.

Le baromètre de Padoue donna une hauteur 0‴,45 moins élevée que celle du baromètre normal (2); il est, d'après Santini, 94 pieds ½ au-dessus de l'Adriatique, la température moyenne de l'air 10°,44 R. La moyenne de 336,53, réduite au niveau de la mer et au baromètre normal, serait donc de................. 338‴,21.

Voici pour l'Italie le résumé des moyennes réduites au baromètre normal d'Altona :

Naples, la Méditerranée...	337‴,94
Florence.................	337 ,76
Bologne.................	337 ,87
Bologne, l'Adriatique.....	337 ,74
Padoue.................	337 ,87

(1) Il n'est pas certain qu'on se soit servi du même instrument pendant ces 15 années, ni que sa hauteur soit restée la même. Dans le *Giornale astro-meteorologico* de 1817, la hauteur au-dessus du fleuve est fixée à 40 pieds, dans ceux des années suivantes à 56 pieds. Cependant la moyenne des années 1802-1821 est de 336,55, et celle des années 1827-1828, 336,40.

(2) La comparaison n'est pas immédiate, je l'ai faite à l'aide de mon baromètre de voyage qui était comparé avec l'anglais.

Or, les observations faites à midi, de 6 ans (1822-1827), à l'observatoire de M. Schumacher à Altona (53° $\frac{1}{2}$) (1), réduites à la mer, au baromètre normal et à 0°, ne donnent que........................ 337,09.

En m'embarquant pour la Sicile, je laissai en 1830 le baromètre de Newmann à Naples. Le baromètre de voyage fut endommagé avant mon arrivée à Palerme (38°). Je devais par conséquent renoncer à la comparaison de l'instrument dont on se sert à l'observatoire astronomique de cette ville. Heureusement il existe une autre comparaison. Dans un voyage en Sicile, M. Herschel compara le baromètre de cet observatoire avec son baromètre de voyage, et ensuite, lors de son retour en Angleterre, celui-ci avec le baromètre de la Société royale de Londres, il trouva que le baromètre palermitain indiquait la hauteur du mercure 0''',027 angl. plus basse que celle du baromètre de Londres (2). La moyenne de 43000 observations faites pendant les années 1791-1825 et réduites au 32ᵉ degré Fahrenheit est, d'après Cacciatore (3)................... 29^{po},7230 anglais.

La correction pour la capillarité.	0 ,0268
	29,750

Celle-ci réduite à la mer (la hauteur du baromètre étant 244 pieds anglais, la température 14°,0 R.) 30,015.

---

(1) *Astronomische Nachrichten*, B. 8, n° 187.

(2) *N. Cacciatore del real osservatorio di Palermo*, vol. 1, Palermo 1826, fol. Appendice.

(3) *Ibid.*

Et au barom. de Londres. 30,042 ou 338''',26 (1).
Je trouve d'après mon calcul........ 338 ,21.

Tandis que les observations à Londres (51° ½) pendant 7 ans (1823-1829) (2), 95 pieds anglais au-dessus de la mer, réduites à 32° Fahrenheit et au niveau de la mer, tempér. 8° R., ne donnent que....... 337,33.

Et celles de 27 ans (1797-1829), 337,41. Les heures d'observations furent à Palerme à peu près 7 ½, 12, 7 ½, 12 (3); à Londres 9 et 3, circonstance qui ne peut avoir une grande influence sur les résultats.

Quoique les instrumens envoyés par la Société météorologique de Manheim à différens endroits fussent certainement inférieurs à ceux de notre temps, ils étaient du moins comparés entre eux, et les observations se faisaient ordinairement aux mêmes heures, ce qui donne de la confiance aux observations publiées dans les Éphémérides de cette société. En choisissant des lieux sur la Méditerranée, sur la mer du Nord et la Baltique, où l'état sain de l'instrument et sa hauteur étaient hors de doute, nous aurons alors les résultats suivans.

Marseille (43° ½). Observations de Silvabella en 1783-1792, 24 toises au-dessus de la mer, 3 fois par jour (7-8, 2-3, 9-12), d'après le calcul du professeur Heinrich (1),

---

(1) Si, en comparant les deux instrumens on a négligé la correction pour la capillarité, la moyenne de Palerme, réduite au baromètre de Londres, serait de 337''',96.

(2) *Philosophical transactions.*

(3) Les observations à minuit ne commencent cependant qu'avec l'année 1806.

(4) *Ephemerides Manheimenses* et *Gilberts Annaleu*, B. 28, p. 462.

336‴,164 à 10° R. Cette moyenne à 0° et au niveau de la mer (la température étant 11°,7 R.), serait 337,27.

Middelbourg (51° ½). Observations de Van der Perre, pendant 3 années (1783-1785), 23 pieds du Rhin au-dessus de la mer du Nord, 3 fois par jour (8, 2, 9 heures). D'après le calcul de Heinrich 337‴,07 à 10° R. (1), réduit à 0° et à l'Océan . . . . 336,60.

Delft (24°). Observations de Van Swienden, de 2 ans (1784 et 1786) à 29 pieds au-dessus de la mer (à 7, 2, 9 heures) (2) . . . . 336,71.

Stokholm (59° ½). Observations des astronomes pendant 5 ans (1783-1787), 133 pieds au-dessus de la Baltique (à 6, 2, 10 heures) (3) . . . . 335,65.

A Avignon (44°) M. Guérin (4) a observé pendant 10 ans (1802-1811) chaque jour au lever du soleil et à 2 heures après midi, sur une hauteur de 67 pieds. D'après ces observations, il admet pour le niveau de la mer une moyenne barométrique de 338‴,77 à 11°,5 R. ou 337‴,90 à 0°; suivant mon propre calcul . . . . 337,80 qui s'accorde très bien avec les résultats des observations italiennes. Les instrumens, d'après M. Guérin, sont d'accord avec ceux de l'observatoire de Paris (5).

---

(1) *Ephemerides Manheimenses*, et Gilbert, *Annalen*, à l'endroit cité.

(2) *Ephemer. Manheim.*

(3) *Ibid.*

(4) Guérin, *Mesures barométriques*, Avignon, 1829, p. 160.

(5) *Ibid.*, p. 127.

A Paris (49°), la moyenne du baromètre de 9 ans, réduite à 0° et à la mer, est, d'après M. Arago (1), 760mm,85 ou 337‴,28 (la moyenne à l'Observatoire étant 755mm,43 et la différence de celle-ci à celle qu'on a trouvée à la mer 5mm,42). M. Bouvard (2) donne comme moyenne de 11 ans (1816-1826) 755mm,99 à 0° laquelle réduite au niveau de la mer serait.......... 337,53.

Tous ces résultats, fondés sur des observations faites avec des *instrumens comparés*, nous conduisent donc à admettre : *que la moyenne barométrique au niveau de la Méditerranée est supérieure à celle du niveau de la mer du Nord. De plus, toutes ces moyennes de la Méditerranée sont inférieures à celles obtenues pour la zone comprise entre le 20e et le 35e degré.*

Contre le premier article de cette règle nous n'avons que les données suivantes :

Les observations de M. de la Marmora à Cagliari (39°) (3) pendant 3 ans, 312 pieds au-dessus de la mer, réduite à 0°, 751mm,33, température de l'air 13°,3 R. moyenne réduite.......................... 337‴,03.

D'Angos dit (4) avoir obtenu à Malte (36°), d'après 468 observations, une moyenne de 338‴,08 à 17° R. au niveau de la mer, laquelle réduite à 0°, serait 336,79.

D'après Risso (1), la moyenne de 21915 observations

---

(1) Humboldt, *Voyages*, t. XI, p. 1.

(2) *Mémoires sur les observations météorologiques*, p. 48.

(3) De la Marmora, *Voyage en Sardaigne*, Paris, 1826, in-8°.

(4) *Journal de Physique*, t. LXXIII, p. 152-181.

(5) *Histoire naturelle des principales productions de l'Europe méridionale*, t. 1, Paris, 1826, p. 209, 235 et suiv.

faites trois fois par jour dans les années 1806-1825 à Nice (44°) à une hauteur de 20 mètres environ, est 335‴,7 à 0° R.; moyenne réduite au niveau de la mer 336,50.

Les instrumens étant inconnus et leur hauteur au-dessus de la mer n'étant pas hors de doute, ces résultats deviennent douteux et ne sauraient affaiblir des résultats beaucoup plus sûrs.

D'ailleurs, outre les observations d'Altona, de Paris, Londres, Delft et Middelbourg, plusieurs autres, faites entre les 45ᵉ et le 56ᵉ degré de latitude, prouvent que la moyenne de cette zone est inférieure à celle de l'Europe méridionale.

Les observations du docteur Neuber à Apenrade (55°) (1), faites à midi pendant 5 ans (1823-1827), donnent 336‴,11 à 0°. La différence des moyennes à midi et de celles déduites de 10 observations par jour, n'est que de 0‴,01. La hauteur au-dessus de la mer est 33pi,5, la température 6°,7 R., la réduction au baromètre normal d'Altona 0‴,17. La moyenne réduite....... 336,72.

Celles du professeur Strehlke, faites à Dantzig (54° ½) (2) à midi, pendant deux ans (1827-1828), 44pi,6 au-dessus de la Baltique, donnent 336‴,36 à 0° R., température de l'air 7°,6 R. Moyenne réduite. 336,95.

Et en calculant toutes les observations de la journée, 336,92.

Les observations faites en 2 ans (1827-1828) à midi, à l'observatoire astronomique de Kœnisberg (54° ½) (3),

---

(1) *Collectanea meteorologica fasc.*, 1, p. 189-190.

(2) Riese. *Poggendorf Annalen*, Bd. 18, p. 130 et suiv.

(3) *Ibid.*

336‴,039 à 0°, température moyenne 6°. 93 R. Moyenne réduite . . . . 336,95.

Et celles de M. Sommer, à la même ville (1), pendant huit ans, trois fois par jour (8-9, 2-3 et à 10 heures), 336‴,72 à 0° R., hauteur 29pi,6, température 5°,04 R. Moyenne réduite. . . . . 337,12.

Trois séries d'observations s'offrent à Édimbourg et aux environs de cette ville (56°).

Celle de Playfair (2), 6 ans (1794-99), à 10 heures du matin (3), 265 pieds anglais (4), 29po,625. Thermomètre au barom. 54°,72 Fahr., therm. libre 48°,08 Fahr., 336,09, quoique l'heure d'observation soit près du *maximum* du jour.

Celle d'Adie (5) à Canaan Cottage. 5 ans (1826-1830), à 10 heures du matin et à 10 heures du soir, 300 pieds anglais 29po,625 (6). Temp. de l'air 47°58 Fahr. 336,75.

Et celle de Forbes à Coliton House (7), années 1827-1830, 4410 observations à 8, 10, 4, 8, 10 h., 29po,405 à 0°, 410pi,5 anglais, température moyenne 48°,08 Fahr. (celle d'Édimbourg). 336,13.

Dalton (8) a donné 29po,79 et 29po,72 comme les moyennes de 5 ans (1788-1792) à Kendal et Keswick

(1) Riese. *Poggendorf Annalen*, Bd. 18, p. 130 et suiv.

(2) *Transactions of the Society of Edinburgh*, vol. 4, 5.

(3) En 1794 à 8 heures, 1795, 1796, et probablement dans les années suivantes à 10 heures.

(4) De mai 1798 à 262 pieds.

(5) Brewster, *Journal of science*.

(6) Les moyennes supposées non corrigées.

(7) Brewster, *Edinburgh journal of Science*, 1830, avril.

(8) *Meteorological essays and observations*, London, 1793.

en Angleterre (54° $\frac{1}{2}$). Les heures d'observations furent à Kendal 6-8, 12, 8-10, à Keswich 6-8, 12, 4-5 en hiver, à 6 en été. La hauteur au-dessus de la mer de la ville de Kendal est, suivant l'ouvrage même, environ 25 yards, mais, suivant l'appendice, la hauteur du pont de Stramongate à Kendal, 46 yards. La hauteur de Keswich est dans l'ouvrage, fixée à 45 yards; dans l'appendice, au contraire, la hauteur du baromètre est calculée à 86 yards. Dalton donne les moyennes comme corrigées, sans indiquer la température à laquelle la réduction a été faite; je suppose qu'elles sont réduites aux températures moyennes des deux endroits, savoir 46°,4 et 47°,3 Fahr. Toutes ces données admises, nous aurons une moyenne réduite, pour Kendal, de....... 336,67.
Keswich.......... 337,33.

Il y a deux données qui ne s'accordent pas bien avec la supposition d'une moyenne basse dans l'Europe septentrionale, savoir :

La moyenne à La Rochelle (46°) déterminée par M. Fleuriau-Bellevue (1) à 338‴, 42 (à 10° R.), d'après 1400 observations pendant 4 ans (1781-1784), trois fois par jour (à 7, 2. 11 h.), à une hauteur de 33 pieds au-dessus de la mer; car en réduisant cette moyenne à 0° R. et au niveau de la mer (la température supposée à 9° R.), on aura .... 338,10.

La moyenne à Manchester (53° $\frac{1}{2}$) donnée par M. Dalton (2), car ses observations faites à une hauteur de

---

(1) *Journal de Physique*, 1798, p. 158.

(2) *Memoirs of Manchester*, seconde série, vol. III, 1819 p. 487.

presque 180 pieds anglais, trois fois par jour (à 8, 1, 11 h.) pendant 25 ans (1794-1818) donnent 29^{po},85, température moyenne 47°,7 Fahr. La moyenne réduite ainsi est 337''',82. En prenant seulement les quinze dernières années (1804-1818), dans lesquelles on a employé le même baromètre, on aura.................. 338,49.

En comparant ensuite les moyennes des lieux situés entre 45-56° *de latitude à celles des lieux situés sous le* 60e *degré, on observera un abaissement ultérieur.*

Les moyennes non corrigées des observations du prévôt Herzberg (1) dans la baie de Hardanger en Norvége (60°) sont pour les années 1798-1803 au Quindherred, 68 pieds au-dessus de la mer 335''',00 ; pour les années 1804-1806 à 24 pieds de hauteur : 335,77. En corrigeant avec la température d'Ullenswang 5°,4 R. (2), la moyenne réduite de tous les 9 ans serait..... 335,55.

Les observations du lecteur Bohr à Bergen (60°) (3) s'accordent très bien avec celles-ci. Il fixe la moyenne barométrique de 4 ans (1818-1821) à 27^{po},710 de Paris et celle du thermomètre à 6°,48 R. J'ignore si la moyenne barométrique est corrigée, mais je le suppose, parce que M. Hansteen (4) la cite comme réduite à 0°. A cause de la haute température, je présume que les observations ont été faites à midi. La hauteur n'est pas donnée, mais M. Hansteen la juge de 50 pieds. Si toutes ces supposi-

(1) De Buch. *Gilberts Annalen*, Bd. 25, p. 330.

(2) Voyez mon *Specimen geographiæ physicæ comparativæ*, p. 41.

(3) *Magazin for Naturvidenskaberne*, 1823, B. 2.

(4) *Ibid.*, 1824, B. 1, p. 289.

tions sont justes, la vraie moyenne serait. . . 335,58.

Pour Christiania (60°), les observations de M. Hansteen (1) faites pendant 18 mois, deux fois par jour (le matin et entre 1-3 l'après midi) donnent la moyenne réduite de. . . . . 335,91.

Celles de M. le professeur Esmark (2) à la même ville, pendant 7 ans (1816-1822) 36 pieds du Rhin (35′ de Paris), au-dessus de la mer 335‴,83 à 0°; laquelle réduite à l'Océan (en supposant une température de 4°,1 R.), serait . . . . 336,30.

Les observations de Wilse à Spydberg (59° ½) (3), faites pendant les années 1785 et 1786, avec un baromètre que Bugge lui avait envoyé de Copenhague et qu'il avait comparé avec un baromètre de la Société de Manheim, donnent 330‴,78. Moyenne du thermomètre à l'air 2°,12 R., hauteur environ 400 pieds, heures d'observation 7, 2, 9. Moyenne réduite. . . . . 336,16.

On a déjà observé ci-dessus que les moyennes, déduites des observations faites avec les instrumens de Manheim, étaient à Stokholm 335,65, à Delft 336,71, et à Middelbourg 336,60.

A Pétersbourg (60°), la moyenne paraît plus haute, d'après les observations de 20 ans (1772-1792) faites trois fois par jour (6-7, 2, 10-11) 30 à 40 pieds au-dessus de la Newa, et citées par M. Euler (4). Il donne comme résultat de toutes ces observations 28″,052; si cette

---

(1) *Magazin for Natur videnskaberne*, 1824, B. 1, p. 287.
(2) *Ibid.*, 1823, B. 1.
(3) *Ephemerid. Manheim.*
(4) *Nova acta Petropolitana*, t. IX, 1795, p. 433.

moyenne est incorrigée, on aura, en la corrigeant à l'aide de la température de l'air 2°,7 R., et au niveau de la Newa.. 336,89.

Au-delà du 60e degré, l'abaissement de la moyenne barométrique devient beaucoup plus considérable.

Nous avons pour cette latitude premièrement les observations de M. Thorstensen à Næs en Islande (64°), pendant les années 1820-1832. Il observa une fois par jour, ordinairement à 9 heures du matin, un baromètre pourvu d'un thermomètre attaché et un thermomètre en plein air. La hauteur était 40 pieds (1), la température moyenne 3°,5 R. La moyenne réduite est de.. 333,36.

A Eyafiord, sur la côte septentrionale d'Islande (66°), le capitaine Scheel (2) observa le baromètre trois fois par jour pendant deux ans (depuis juin 1811 jusqu'à juin 1813). La moyenne calculée d'après ces observations est de 333''',93; la moyenne du thermomètre de + 0°,16 R. Le baromètre a été placé dans une chambre non chauffée 10-12 pieds au-dessus de l'Océan. Moy. réduite 334''',06.

D'après plusieurs séries d'observations, le Groenland offre, pour la même latitude, des moyennes encore plus basses que celles d'Islande, savoir :

Les observations du docteur Pingel à Frédérikshaab (62°) depuis octobre 1828 jusqu'à avril 1829, à 9, 12,

---

(1) Pendant les deux premières années, les observations ont été faites à Reikiavig sur une hauteur semblable. Le baromètre a été trouvé par M. Thorstensen parfaitement d'accord avec un baromètre envoyé de Copenhague.

(2) *Annals of Philosophy*, vol. XI, p. 96 et 169.

3, 6, 9 heures, (1) hauteur 23 pieds, moyenne réduite à 0° et à la mer (2) .... 331,80.

Trois séries d'observations à Godthaab (64°).

1° Celles de Ginge de 6 mois (depuis janvier jusqu'à juin 1787), à 7, 2, 9 heures, publiées dans les Éphémérides de Manheim. D'après le calcul de Schon (3), elles donnent 331‴,23 à 0°, et les observations avec le thermomètre libre 2°,8.

2° Celles du lieutenant Wormskiold, de 6 mois (depuis décembre 1812 jusqu'en mai 1813) 2 à 3 fois par jour. Il observa dans une chambre qui avait ordinairement une température de 10° R., hauteur probable 40 pieds (température moyenne + 0°,4), moyenne réduite : 332,32.

3° Celles de l'inspecteur Michlemphort en 5 ans (1816-1821) hauteur 40 pieds (température moyenne + 0°,4), qui donnent 333,33.

Le major Fasting observa pendant 20 mois (en 1830-31) à Godhavn (68°), dans une chambre pas chauffée, plusieurs fois par jour, mais à des heures différentes. La hauteur est d'après M. Graah 14 pieds, la moyenne barométrique de 333‴703, celle du thermomètre libre — 1°,8 R. La moyenne barométrique réduite. 334,03.

Au même lieu, le capitaine Graah observa pendant 10 mois (depuis octobre 1823 jusqu'en juillet 1824);

---

(1) Dans le mois d'avril aussi à 6 heures du matin.

(2) L'espace de temps est trop court; mais l'accord de ces observations avec les autres en Groenland les rendent probables.

(3) *Ephemerides Manheimenses*, et *Schon Witterungskunde tafel*, VI.

trois fois par jour (à 6, 12, 8 heures), moyenne du baromètre 333''',913. Dans les mois d'octobre et de novembre, le baromètre était placé dans une chambre d'une température de + 5° R., ensuite dans une chambre froide. La moyenne du thermomètre libre — 5°,5 R., pour les mois décembre-juillet, —5° pour octobre-juillet. Moyenne réduite.................. 334,35.

A Upernavik (73°), M. Cortsen fit des observations pendant 11 mois (en 1830-31), trois fois par jour. Moyenne du baromètre 333''',866, du thermom. libre — 6°,42 R. La hauteur 30 pieds. Moyenne réduite..... 334''',77.

La correction pour la température est pourtant douteuse à cause qu'on ignore si les observations ont été faites dans une chambre chaude ou froide.

Les moyennes des deux derniers lieux du Groenland septentrional comparées à celles des précédentes du Groenland méridional, semblent indiquer un *accroissement vers le pôle*, ce qui devient plus vraisemblable encore par les observations des capitaines Parry et Scoresby.

Les observations faites pendant un an, dans le voisinage de l'île de Melville (74-75°), dans la première expédition du capitaine Parry (1), depuis le mois de septembre 1819 jusqu'au mois de septembre 1820, donnent une moyenne de 336''',37. La moyenne du thermomètre pour le même temps est de — 13°,6 R. Le journal n'explique pas si les observations sont corrigées pour l'effet de la température, ni si elles sont faites dans une chambre

(1) Parry, *Journal of a voyage for the discovery of a nord-west passage*; London, 1821, p. 269.

de la cahute ou en plein air. Ce dernier cas n'est guère probable à cause des degrés de température qui se trouvent souvent au-dessous de la congélation du mercure. Ainsi, d'après différentes suppositions, la moyenne serait :

Les observations étant déjà réduites à 0°	....	336‴,37
	non-corrigées et le barom. en plein air	337 ,40
	dans une chambre d'une température de 10° R.	335 ,61
	dans une chambre d'une température de 15° R.	335 ,24

La troisième alternative paraît la plus sûre ; mais dans chacune de ces suppositions, la moyenne devient plus grande qu'en Groenland ou en Islande.

Les observations de Parry près de Winter Island (66° l. bor.) (1), depuis le 15 octobre 1821 jusqu'au 7 juin 1822, donnent 29″,749 mesure angl., la moyenne du thermomètre en plein air +11°,25 Fahr. Se sert-on de cette moyenne pour la correction? alors la moyenne barométrique devient 29,811 ou.......... 335,66.

Les observations près de l'île Igloolik (69° ½) (2), depuis le 13 de novembre 1822 jusqu'au 21 juillet, donnent la moyenne barométrique 29″912 (le thermomètre + 19°,89 Fahr.) et réduite à 0° R.... 337,20.

Le capitaine Scoresby (3) visita pendant plusieurs années (1807-1818), dans les mois d'avril à juillet, la mer

(1) *Appendix to captain Parry's Journal of a second voyage*, etc., *in the years* 1821-1823; London, 1825, p. 266 et suiv.

(2) *Ibid.*, p. 271 et suiv.

(3) *Account of arctic regions*, vol. 1, App., p. 48, 1820.

Glaciale sous la latitude moyenne de 75° ½. La moyenne de ses observations barométriques est de 29″,861 angl., celle des observations du thermomètre 28°,8 Fahr. Il manque également les renseignemens à l'égard de la correction pour la température.

Si les observations étaient déjà corrigées, la moyenne serait..		336‴,22
Si on les corrige avec une tempér. de 28°,8 Fahr., elle serait		336 ,33
	10° R.	335 ,47
	15° R.	335 ,09

Par conséquent, dans toutes les suppositions, la moyenne serait supérieure à celles d'Islande et du Groenland.

Quelques-unes des observations citées par M. Erman (1) indiquent une moyenne barométrique inférieure à l'ordinaire pour le Kamtschatka et la côte occidentale de l'Amérique septentrionale, peut-être aussi pour la côte orientale de la Sibérie. Celles qu'il a faites lui-même à Ochozk (59°) pendant le mois de juin (moyenne 332,09) (2), et à Tigil (58°), du 16 d'août jusqu'au 3 septembre (moyenne 333,04) (3) ne sont pas assez nombreuses pour le prouver. A Nas, la moyenne d'un mois varie de 324‴,72 à 340‴,64. Par la même raison, les observations faites à bord de la corvette *Krotkoi* au port de Péterpol (52° ½), du 20 de juillet jusqu'au 11 d'octobre 1829, cinq fois par jour, ne suffisent pas. On ne peut guère non plus avoir grande confiance aux obser-

---

(1) *Poggendorf Annalen*, 23, B. p. 121,

(2) *Ibid.*, p. 126.

(3) *Ibid.*, p. 127-128, savoir la moyenne 331,13 réduite au niveau de la mer 333,04.

vations de Gmelin, d'après lesquelles la moyenne serait à Ochozk 332''',55, et à Bolscherezk 330''',50, surtout à cause des doutes existans sur la hauteur au-dessus de la mer (1). Mais les observations du capitaine Stanitzki au port de Péterpol (52° ½) pendant un an, qui donnent............................ 334,06, et celles que le capitaine Tschistiakoff a faites pendant 10 mois à l'île Sitcha (2) (57°) qui donnent 334,90, ne permettent pas de douter de l'abaissement de la moyenne barométrique dans ces parages, bien qu'on ne puisse pas admettre ces dernières comme exactes.

Pour une haute latitude dans l'hémisphère austral, je ne connais qu'une série d'observations suffisamment longue pour nous donner du moins une moyenne approximative; c'est celle du capitaine King au port Famine du détroit de Magellan (53° ½ sud), de février en août 1828, cinq fois par jour (6, 9, 12, 3, 6). La moyenne corrigée pour la capillarité et réduite à 0° est de 331''',73. Elle ne peut pas être exacte à cause du court espace de temps, mais la grande déviation de la moyenne ordinaire ne laisse presque aucun doute sur la réalité de l'abaissement.

La table I donne les résultats des observations faites avec des instrumens comparés.

La table II contient un choix de ceux qui servent mieux à établir les lois physiques à l'égard de la moyenne barométrique au niveau de la mer Atlantique, à cause de la comparaison des instrumens, de la longueur des sé-

---

(1) *Poggendorf Annalen*, 23, p. 130, note.
(2) *Ibid.*, p. 127-130 et 146.

ries d'observations, des renseignemens nécessaires sur la hauteur et les corrections, ou à cause de la déviation très considérable de la moyenne ordinaire.

La table III contient les résultats de toutes les observations citées ci-dessus.

En résumant, je donne pour moyennes *provisoires* entre le 45e degré est et le 45e ouest de l'île de Ferro :

LATITUDE.	Hauteur moyenne du baromètre réduite à la mer et à 0° R.
0°	337‴,0
10	337 ,5
20	338 ,5
30	339 ,0
40	338 ,0
50	337 ,0
60	335 ,5
65	333 ,0
70	334 ,0
75	335 ,5

L'influence de la latitude géographique étant ainsi constatée, on demandera si *la longitude y influe aussi*. M. Erman (1) est de cet avis, et il a essayé de démontrer que la pression de l'atmosphère offre, au méridien des Açores, un *maximum* d'où elle diminue vers l'est et l'ouest jusqu'au méridien de Kamtschatka où elle est réduite au *minimum*. C'est principalement par la comparaison des observations qu'il a faites lui-même sous

(1) *Poggendorf Annalen*, 23 B., 134 et suiv.

les alizés et hors de ceux-ci jusqu'au 52° lat. sept. qu'il a tiré ces conséquences. Il les a, pour ce but, rangées d'après quatre zones de méridiens établis par lui-même, savoir :

Longitude moyenne.

MÉRIDIENS.	HORS DES ALIZÉS.	ALIZÉ SUD-EST.	ALIZÉ NORD-EST.
Des Açores,	327°	325°	328°
Des îles du Cap-Verd,	345	332	340
De Sitcha et Panama,	231	222	237
Du Kamtschatka,	158	177	165

En outre, il s'appuie sur le fait que les moyennes d'Ochotzk et du Kamtschatka citées ci-dessus sont plus basses que celle de Sitcha et dans tous ces endroits inférieurs à celles de l'Europe.

Mais contre cette théorie de M. Erman il y a, ce me semble, de graves objections à faire.

1° La séparation du méridien des Açores de celui des îles du Cap Vert me semble gratuite. Ces deux groupes d'îles sont situés presque sous les mêmes méridiens; entre les méridiens moyens établis par M. Erman, il n'y a que des différences de 7, 12 et 18° et entre des moyennes de longitude plus particulières données dans les tables de M. Erman, on en trouve quelques-unes qui sont communes à ces deux méridiens; par exemple, pour l'alizé S. E., 326‴,6 et 329,5; au méridien des Açores 326,9, et 329‴4 à celui des îles du Cap Vert; pour les parages hors des alizés, 342°,0 et 341°,5.

2° Les moyennes adoptées pour les zones entre l'alizé N. E. et le 50° septentr., savoir :

Du méridien	des Açores.........	339,55.
	des îles du Cap Vert.	338,61.
	de Sitcha..........	336,55.
	du Kamtschatka....	336,21.

ne sont basées que sur des séries d'observations de trente jours à peu près, et donnent des différences trop petites pour y ajouter confiance.

3° De même les différences des moyennes adoptées pour les zones des alizés ne sont pas assez grandes pour qu'elles ne puissent pas être accidentelles, savoir :

Pour le méridien	des Açores.........	339,23.
	des îles du Cap Vert.	338,36.
	de Sitcha..........	338,47.
	du Kamtschatka.....	337,56.

En choisissant pour chaque méridien des observations faites en hiver et en été, l'auteur a cherché à dégager les moyennes de l'influence de la marche annuelle du baromètre ; mais les mois n'étant pas parfaitement correspondans dans les différens méridiens, et la marche annuelle peut-être pas identique en-deçà et au-delà de l'équateur, les moyennes deviennent douteuses. Dans l'alizé S. E., la moyenne pour le méridien des Açores (339‴,02) a été déduite des observations en juillet ; celle du méridien de Sitcha en janvier et février (338,01). Or, d'après les observations faites à Rio-Janeiro, la moyenne de juillet est de 2‴,90 plus élevée que celle des mois de janvier et février (1). En employant cette correction, on

(1) De Buch, *Poggendorf Annalen*, Bd. 15, p. 357.

aurait, pour le méridien des Açores........ 336,12,
et pour celui de Sitcha 338,01,
par conséquent précisément un résultat contraire à celui de M. Erman.

4° Nous avons déjà remarqué que les séries d'observations à Ochotzk et à Tigil sont trop courtes pour être employées et que même celles du port Péterpol et de Sitcha ne suffisent pas pour donner des moyennes exactes. Les deux dernières séries sont en outre trop rapprochées pour prouver un accroissement de la moyenne barométrique du Kamtschatka vers l'orient, et quoiqu'il soit vrai que les basses moyennes obtenues pour ces contrées rendent probables que la hauteur barométrique est là inférieure à celle de l'Europe sous les mêmes degrés de latitude; ce fait n'est pas prouvé, et moins encore y a-t-il des argumens suffisans pour admettre un seul *maximum* et un seul *minimum*.

5° Le méridien des Açores (le méridien meizonobarique de Erman) passe par l'Islande et le Groenland où la moyenne barométrique, d'après les observations citées ci-dessus, est très basse et sans doute inférieure à celle de la Norvège.

6° Les hautes moyennes de l'Ile-de-France (338‴,92 à 20° s.), à Macao (338‴,23 à 23° s.) et à Tripoli (340‴,19 à 33° sud) ne s'accordent pas avec l'admission du méridien des Açores comme meizonobarique. De même la moyenne de Pétersbourg qui est supérieure à celles de la Norwége et de la Suède, et plus encore à celles au sud du Groenland et d'Islande ne peut s'accorder avec cette théorie.

Mais quoique je ne puisse pas adopter la théorie d'un

seul méridien meizonobarique et d'un seul meionobarique et de la position qu'on leur a attribuée, je conviens que les lignes isobariques ne sont pas parallèles à l'équateur. Nous n'avons cependant pas encore les matériaux nécessaires pour établir les inflexions de ces lignes. Il n'est pas invraisemblable qu'il y ait dans l'hémisphère septentrional deux *maxima* et deux *minima*.

Plusieurs des moyennes citées semblent prouver que la hauteur barométrique est plus élevée dans les baies profondes de l'Atlantique qu'en pleine mer, par exemple :

Madère	339,20	Edimbourg	336,13	Hardanger	335,55
Tripoli	340,19	Apenrade	336,72	Pétersbourg	336,89
		Kœnisberg	337,12		

De plus les moyennes de l'Islande et du Groenland à 62-64 sont sans doute beaucoup plus basses que celles de la Scandinavie à la même latitude, et la moyenne de l'île de Melville supérieure à celle d'Upernavik.

N'ayant obtenu, par les nombreux faits ci-dessus, qu'une partie de la loi physique sur la pesanteur moyenne de l'air au niveau de la mer, je n'essaye pas de discuter les causes des différentes moyennes barométriques, dans les diverses parties du monde, moins encore d'en donner une théorie complète. Cependant je ne puis supprimer la remarque que les causes les plus essentielles de ces variations semblent être les mêmes qui agissent sur les variations barométriques en général, savoir la température et l'état des vapeurs aqueuses contenues dans l'air.

En examinant pour l'Atlantique les grands traits météoriques des différentes zones de l'équateur jusqu'au-delà du cercle polaire, nous avons :

1° Une zone, entre 0° et 15°, d'une température très élevée et où la formation des nuages et la pluie sont limitées à une certaine saison; la moyenne annuelle du baromètre devient intermédiaire (337‴-338‴).

2° Une zone, entre 15°-30° à peu près, où les vents presque constans amènent un air très sec, sans nuages et où il pleut très rarement, pour ne pas dire jamais; la moyenne barométrique est haute (338‴ - 339).

3° Dans la troisième zone de 30°-45° à peu près, les vents secs sont interrompus, surtout en hiver, par le vent de sud-ouest, c'est-à-dire l'alizé retournant qui amène l'air humide et chaud de la zone torride et produit des nuages et des précipitations aqueuses. La moyenne barомérique est encore haute, inférieure cependant à celle de la seconde zone, et elle diminue à mesure qu'elle s'approche de la zone suivante (339‴-337‴,5).

4° La quatrième zone, comprise entre 45° et le cercle polaire, reçoit presque dans l'année entière, mais surtout en été, l'alizé retournant; et la lutte continuelle de ce vent avec les vents opposés, ordinairement secs et froids, produit des nuages, des brouillards et des pluies fréquentes. Le décroissement de la moyenne devient très visible, et d'autant plus à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur et que les vents sont plus variables, les nuages et les pluies plus fréquentes (337‴,5 - 333‴,0). Dans l'intérieur des grandes baies, l'abaissement est

moins considérable, parce que le vent sud-ouest, les nuages et les pluies y deviennent moins fréquens.

5° Au-delà du cercle polaire, dans la cinquième zone, qui semble être hors de l'influence de l'alizé retournant, la moyenne barométrique augmente (1).

La moyenne barométrique au niveau de la mer paraît donc offrir depuis l'équateur jusqu'au-delà du cercle polaire les mêmes variations qu'on observe souvent dans le cours de douze heures. Supposons le baromètre à midi à 337‴,0 un peu au-dessous de la moyenne; après midi un vent sec de nord-est souffle et le fait monter jusqu'à 339‴; mais vers le soir, le vent change; le sud-ouest apporte de l'air chaud et humide, ce qui produit un abaissement du baromètre considérable jusqu'à 333″; vers minuit le sud-ouest cesse, et avec un vent frais du nord ou de l'est le baromètre monte de nouveau.

---

(1) Comparez à cette exposition ce que j'ai publié sur les rapports des vents dans l'Europe septentrionale et sur les pluies de l'Italie. — *Beytrage zur klimatologie*, etc., et *Hertha*, B. 5, p. 90 (1821).

TABLE I.

Moyennes au niveau de la mer d'après des observations faites avec des instrumens comparés.

A. *Moyennes réduites au baromètre normal d'Altona.*

LIEUX des OBSERVATIONS.	LATITUDE.	BAROMÈTRE réduit à 0° R.	TEMPS des observations.	OBSERVATEURS.
Christiansborg	50 $\frac{1}{2}$ sept.	336‴,95	22 mois	Trentepohl et Chenon.
Naples	41	337 ,94	7 ans	Brioschi.
Florence	43 $\frac{1}{2}$	337 ,76	9	Inghirami.
Bologne	44 $\frac{1}{2}$	337 ,87	5	Caturegli et Moratti.
Padoue	45	337 ,87	15	Les astronomes.
Altona	53 $\frac{1}{2}$	337 ,09	6	Schumacher.

B. *Moyennes réduites au baromètre de l'Observatoire de Paris.*

Guayra	10	336 ,98	12 jours	Boussingault.
Avignon	44	337 ,80	10 ans	Guérin.
Paris	49	337 ,53	11	Bouvard.

C. *Moyennes réduites au baromètre de la Société royale de Londres.*

Palerme	38	338 ,21	35 ans	Cacciatore.
Londres	51 $\frac{1}{2}$	337 ,33	7	Observ. de la Soc. roy.

D. *Moyennes d'après des observations faites avec des intrumens de Manheim.*

Marseille	43 $\frac{1}{2}$	337 ,27	10 ans	Silvabelle.
Middelbourg	51 $\frac{1}{2}$	336 ,60	3	Van der Perre.
Delft	52	336 ,71	2	Van Swinden.
Stokholm	59 $\frac{1}{2}$	335 ,65	5	Les astronomes.

Comparez ceci avec les observations faites pendant les voyages par mer avec un même instrument, rapportées précédemment.

TABLE II.

Choix des résultats qui sont les plus certains entre le 45° est et le 45° ouest de Ferro.

LIEUX des OBSERVATIONS.	LATITUDE.	BAROMÈTRE réduit à 0° R.	TEMPS.	OBSERVATEURS.
Cap	33° mér.	338''',24	9 ans	Puhlmann et Wahlstrand.
Rio-Janeiro	23	338 ,69	3 mois	Eschwege.
Perou	12-13	337 ,35		Pentland.
Christiansborg	5 ½ sept.	336 ,95	22 mois	Trentepohl et Chenon.
Guayra	10	336 ,98	12 jours	Boussingault.
Saint-Thomas	19	337 ,13	1 an	Hornbeck.
Macao	23	338 ,23	1	Richenet.
Teneriffe	28	338 ,77	3	Escolar.
Madère	32 ½	339 ,20	2	Heineken.
Tripoli	33	340 ,19	4 mois	Denham et Clapperton.
Palerme	38	338 ,21	35 ans	Cacciatore.
Naples	41	337 ,94	7	Brioschi.
Florence	43 ½	337 ,76	9	Inghirami.
Avignon	44	337 ,80	10	Guérin.
Bologne	44 ½	337 ,87	5	Caturegli et Maratti.
Padoue	45	337 ,87	15	Les astronomes.
Paris	49	337 ,53	11	Bouvard.
Londres	51 ½	337 ,33	7	Royal Society.
Altona	53 ½	337 ,09	6	Schumacher.
Danzig	54 ½	336 ,95	2	Strehlke.
Kœnisberg	54 ½	337 ,12	8	Sommer.
Apenrade	55	336 ,72	5	Neuber.
Edimbourg	56	336 ,13	3	Forbes.
Christiana	60	336 ,30	7	Esmark.
Hardanger	60	335 ,55	9	Herzberg.
Bergen	60	335 ,58	4	Bohr.
Reikiavig	64	333 ,36	12	Thorstensen.
Godthaab	64	333 ,33	5	Muhlenphort.
Eyafiord	66	334 ,06	2	Scheel.
Godhaon	68	334 ,14	2 ½	Graah et Fasting.
Upernavik	73	334 ,77	11 mois	Cortsen.
Isle Melville	74 ½	335 ,61	1 an	Parry.
Spitzberg	75 ½	335 ,47	6-12 ans avril-juill.	Scoresby.

TABLE III.

Toutes les moyennes barométriques citées dans ce mémoire.

LATITUDE.	LIEUX des OBSERVATIONS.	BAROMÈTRE réduit à 0° Réaum.	TEMPS des OBSERVATIONS.	OBSERVATEURS.	REMARQUES.
Septent. 75 ½	Spitzbergen	335‴,47	Avril-juillet 6-12 ans	Scoresby.	La correction pour la température est incertaine.
74 ½	L'île Melville	335 ,61	1 an	Parry.	Pareillement. L'espace du temps trop court.
73	Upernavik	334 ,77	11 mois	Cortsen.	Pareillement.
68	Godhavn	334 ,03	20	Fasting.	
		334 ,35	10	Graah.	
66	Eyafiord	334 ,06	2 ans	Scheel.	
64	Godthaab	331 ,23	6 mois	Ginge.	Le temps trop court, la tempér. et la haut. incert.
		332 ,32	6	Wormskiold.	Le temps trop court, la hauteur incertaine.
		333 ,33	5 ans	Muhlenphort.	
64	Reikiavig	333 ,36	12	Thorstensen.	
62	Frederikshaab	331 ,80	7 mois	Pingel.	L'espace de temps trop court.
60	Bergen	335 ,58	4 ans	Bohr.	
60	Hardanger	335 ,55	9	Herzberg.	
60	Christiania	336 ,30	7	Esmark.	
		335 ,91	18 mois	Hansteen.	
60	Pétersbourg	336 ,89	20 ans	Euler.	La correction pour la température incertaine.
59 ½	Stokholm	335 ,65	5	Les astronomes.	Baromètre de Manheim qui est trop bas.
59 ½	Spydberg	336 ,16	2	Wilse.	La hauteur par à peu près.
57	Sitcha	334 ,90	10 mois	Tschistiakoff.	Le temps trop court.
56	Edimbourg	336 ,09	6 ans	Playfair.	Les observations près du maximum journalier.
56	Canaan Cottage	336 ,75	5	Adie.	Pareillement.
56	Coliton House	336 ,13	3	Torbes.	
55	Apenrade	336 ,72	5	Neuber.	
[illegible]	[illegible]	336 ,[illegible]	[illegible]	Les observateurs.	

				[illegible]	La hauteur un peu incertaine.
53 $\frac{1}{3}$	Altona	337 ,09	6	Schumacher.	
52 $\frac{1}{2}$	Port Peter Paul	334 ,06	1	Stanitzki.	Le temps trop court.
52	Delft	336 ,71	2	Van Swinden.	Baromètre de Manheim.
51 $\frac{1}{2}$	London	337 ,33	7	La Société royale.	
51 $\frac{1}{2}$	Middelbourg	336 ,60	3	Van der Perre.	Baromètre de Manheim.
49	Paris	337 ,53	11	Bouvard.	
46	La Rochelle	338 ,10	4	Fleurieau Bellevue.	
45	Padoue	337 ,87	15	Les astronomes.	
44 $\frac{1}{2}$	Bologne	337 ,87	5	Caturegli et Moratti.	
44	Avignon	337 ,80	10	Guérin.	
44	Nice	336 ,50	20	Risso.	La hauteur à peu près.
43 $\frac{1}{2}$	Marseille	337 ,27	10	Silvabelle.	Baromètre de Manheim.
43 $\frac{1}{2}$	Florence	337 ,76	9	Inghirami.	
41	Naples	337 ,94	7	Brioschi.	
39	Cagliari	337 ,03	3	Marmora.	
38	Palerme	338 ,21	35	Cacciatore.	
36	Malte	336 ,79	465 observations	D'Angos.	Le temps trop court.
33	Tripoli	340 ,19	Novembre-mars	Denham et Clapperton.	La hauteur n'est pas indiquée.
32 $\frac{1}{2}$	Madère	339 ,20	2 ans	Heineken.	
		342 ,66	4 observations	Sabine.	Le temps trop court.
30	Le Caire	336 ,41	1 an	Coutelle.	Rien n'est compté pour la hauteur.
28	Ténériffe	338 ,77	3	Escolar.	
28	Gran Canaria	339 ,09	20 jours	De Buch.	
23	Macao	338 ,23	1 an	Richenet.	Rien n'est compté pour la hauteur.
23	La Havane	336 ,99	3	Ferrer.	Pareillement.
19	Saint-Thomas	337 ,13	1	Hornbeck.	
10	Guyara	336 ,98	12 jours	Boussingault.	
10	Cumana	336 ,28		Humboldt.	
5 $\frac{1}{2}$	Christiansborg	336 ,95	22 mois	Trentepohl et Chenon.	
Mérid. 10	Timor	336 ,23		Freycinet.	
12-13	Perou	337 ,35		Pentland.	
20	Ile de France	338 ,92	20 jours	Freycinet.	
23	Rio-Janeiro	338 ,69	3 mois	Eschwege.	
		339 ,95	1 mois (août)	Freycinet.	
		337 ,59	1 an	Dorta.	Rien n'est compté pour la hauteur.
33	Le Cap	338 ,24	9	Puhlmann et Wahlstrand.	Rien n'est compté pour la hauteur.
53 $\frac{1}{2}$	Port Famine	331 ,73	7 mois	King.	Le temps trop court.

Recherches *de Chimie organique* ;

Par J. Dumas.

Lues à l'Académie des Sciences le 5 août 1833.

La chimie organique a pris dans ces dernières années un caractère de précision qui permettra bientôt de classer les matériaux qu'elle comprend et de les grouper par familles naturelles. Quelques années d'un travail soutenu doivent suffire pour terminer l'analyse élémentaire des diverses substances bien caractérisées que l'on connaît maintenant, et cette base une fois établie, les recherches de chimie organique pourront rivaliser en certitude avec celles qui ont la nature minérale pour objet. Les mémoires que j'ai publiés récemment dans les *Annales de Chimie et de Physique*, celui que je vais lire à l'Académie se rapportent à cette partie de la science. Je réunis dans ce dernier des recherches qui ont pour objet des substances fort différentes sans doute, c'est-à-dire d'une part les produits du girofle et de l'autre ceux de l'indigo, mais l'Académie voudra bien ne pas perdre de vue que toutes ces recherches se rapportent à un ensemble dont je publie les diverses sections à mesure qu'elles sont terminées.

J'ai déjà fait connaître à l'Académie et j'ai complété récemment mes recherches sur le camphre et les huiles essentielles légères. J'ai considéré quelques-unes des ces substances comme des carbures d'hydrogène purs faisant

fonction de base en certains cas ou de radical en d'autres occasions, et j'ai montré en outre que plusieurs huiles essentielles légères pouvaient être considérées comme du protoxide de ces carbures d'hydrogène.

Après avoir établi d'une manière précise la nature des huiles essentielles légères, j'ai dû m'occuper de recherches analogues sur les huiles essentielles pesantes. Je trouve que celles-ci diffèrent à tous égards des premières, et cette différence tient à ce qu'elles sont plus riches en oxigène. D'où il suit qu'au lieu de servir de base, elles font fonction d'acide, et qu'au lieu de les considérer comme des protoxides, il faut y voir des acides bien caractérisés et d'une composition assez simple.

Parmi ces huiles essentielles, il en est une que les expériences de M. Bonastre ont déjà signalées comme capable de se combiner avec les alcalis directement et sans le concours de l'air ou de tout autre agent; c'est l'essence de girofles dont je vais tracer ici plus particulièrement les caractères, tout en établissant que toutes les huiles pesantes que j'ai pu étudier m'en ont offert d'analogues.

L'analyse de cette huile, celle de quelques produits qui résultent de l'action de divers corps sur le girofle font l'objet principal de ce mémoire. Les produits qui ont servi de point de départ dans ces analyses étaient fort purs; je les devais à l'obligeance de M. Bonastre, et je les avais soumis à diverses épreuves pour les débarrasser de l'humidité qu'ils pouvaient encore contenir.

L'huile de girofles quoique parfaitement claire, peut encore retenir beaucoup d'eau qui s'en sépare par une simple digestion à 60 ou 80° avec du chlorure de calcium.

La solution de chlorure se dépose au fond du vase, et l'huile pure surnage ce dépôt.

Pour fixer le poids atomique de l'huile, j'ai essayé de la combiner avec la soude ou avec les alcalis fixes, mais je n'ai pu me procurer par aucun moyen des combinaisons définies. On obtient bien tous les phénomènes décrits par M. Bonastre, mais quand on a chauffé l'huile avec l'alcali caustique, la matière se prend en masse noircie par le refroidissement, et les cristaux retiennent une énorme quantité de soude caustique libre que l'on ne sait comment enlever.

J'ai donc cherché un autre procédé, et je l'ai trouvé dans l'action du gaz ammoniaque pur et sec. J'ai essayé de faire passer du gaz ammoniaque dans des boules qui renfermaient l'huile, mais une partie a été entraînée par l'excès du gaz qui passait dans la boule, et la saturation n'a jamais pu être entièrement accomplie.

J'ai parfaitement réussi au contraire en faisant passer l'huile dans une éprouvette et y ajoutant du gaz ammoniaque en excès. 0,653 d'huile ont absorbé de cette manière 83 cm. de gaz ammoniaque sec à 0,760 et 0° c.

En prenant 214,5 pour le poids atomique de l'ammoniaque, on trouve d'après ces résultats que le poids ato mique de l'huile de girofles est représenté par 2200.

L'analyse de la combinaison ammoniacale n'offrait pas grande utilité, cependant je l'aurais tentée si cette combinaison ne présentait pas une facile altération qui lui fait perdre presque instantanément une partie de son ammoniaque dès qu'elle a le contact de l'air.

Le composé ammoniacal dont il est ici question est cristallisé en petits cristaux doués d'un grand éclat.

Pour les obtenir, il faut employer de l'huile de girofles d'une pureté parfaite, car lorsqu'on se sert des huiles du commerce rectifiées avec soin et à peine différentes de l'huile pure par leur composition, on obtient par l'action la plus prolongée de l'ammoniaque une matière poisseuse ou d'aspect butyreux sans le moindre indice de cristallisation.

L'huile de girofles pure a fourni à l'analyse les résultats suivans :

0,480 de cette huile ont donné 1,215 d'acide carbonique et 0,341 d'eau ; ce qui fait

Carbone........	70,04
Hydrogène......	7,88
Oxigène........	22,08
	100,00

En calculant cette analyse, on parvient à la formule suivante :

C^{40}	1530,4	70,02
H^{26}........	162,5	7,42
O^{5}.........	500,0	22,56
	2192,9	100,00

La composition élémentaire s'accorde, comme on voit, d'une manière satisfaisante avec les résultats qui précèdent.

On remarquera la grande quantité d'oxigène que l'huile de girofles renferme. D'après mes analyses, c'est un caractère de composition commun à toutes les huiles plus pesantes que l'eau.

Un autre caractère qui paraît également propre aux huiles de cette famille, c'est leur grande résistance à la décomposition. L'huile de girofles ne peut être analysée qu'autant que l'on prend soin de faire passer la vapeur au travers d'une colonne de six ou huit pouces d'oxide de cuivre incandescent : encore faut-il que l'huile passe avec beaucoup de lenteur.

M. Bonastre a bien voulu me remettre une matière cristallisée en lames nacrées qui s'était déposée dans de l'eau distillée de girofles. Cette matière fort bien caractérisée méritait un examen attentif : j'en avais malheureusement trop peu pour en faire une étude complète, mais j'ai pu en faire l'analyse et constater un assez grand nombre de ses caractères, de manière qu'il n'est pas douteux que cette matière est un produit nouveau et particulier.

La matière nacrée dont il est question a été analysée avec les précautions ordinaires ; elle ne contient pas d'azote.

0,337 de matière nacrée ont fourni 0,880 acide carbonique et 0,232 eau, ce qui donne en centièmes :

Carbone	72,25
Hydrogène........	7,64
Oxigène..........	20,11
	100,00

Cette substance me paraissait au premier abord un simple état isomérique de l'huile de girofles ; cependant son analyse se représente mieux par la formule suivante :

C^{40}..........	1530	73,55
H^{24}..........	150	7,21
O^{4}..........	400	19,24
	2080	100,00

Cette formule semblerait indiquer que la matière nacrée diffère de l'huile de girofles par la perte d'un atome d'eau. Il serait difficile de tirer aucune conséquence de ce fait isolé qui sera critiqué par des observations de même genre qui ne peuvent pas manquer de se multiplier plus tard.

Une autre substance qui se rattache aux précédentes, a été décrite sous le nom de caryophilline. Cette matière remarquable présente des propriétés bien caractérisées. Elle n'entre en fusion qu'à une température très élevée, et il est même difficile de la fondre sans lui faire éprouver une légère altération.

0,242 de caryophilline fondue et légèrement jaunie ont fourni 0,695 d'acide carbonique et 0,230 d'eau.

0,316 de caryophilline chauffée à 190° dans le vide, non fondue et parfaitement blanche, ont fourni 0,9031 d'acide carbonique et 0,298 d'eau.

Ces deux analyses donnent :

Carbone.......	79,5	79,10
Hydrogène.....	10,5	10,46
Oxigène.......	10,0	10,44
	100,0	100,00

Ces résultats se représentent par la formule suivante :

C^{40}.......	1530,4	79,27
H^{32}.......	200,0	10,36
O^{2}........	200,0	10,37
	1930,4	100,00

La première observation à faire sur ce résultat, c'est l'isomérie de la caryophilline et du camphre naturel. On conçoit que ce fait m'a paru assez important à constater pour que j'aie cru nécessaire de répéter l'analyse sur une nouvelle quantité de caryophilline préparée avec soin : sa préparation exécutée par les moyens indiqués par M. Bonastre, m'a offert les mêmes phénomènes et m'a fourni un produit à tous égards identique avec celui qu'il m'avait remis.

On observera de plus que la caryophilline contient précisément 6 atomes d'hydrogène de plus que l'essence de girofles et 3 atomes d'oxigène de moins, comme si de l'eau décomposée par une force quelconque eut cédé son oxigène à l'un de ces produits et l'hydrogène à l'autre.

Ainsi, dans les trois substances que le girofle fournit, voyons un radical unique se modifier par le seul concours de l'eau de manière à produire trois substances tellement dissemblables que leur commune origine a pu seule porter à les comparer entre elles. Une étude attentive et comparée des produits si divers en apparence, qui proviennent du même végétal, me semble aujourd'hui le moyen le plus sûr de faire avancer la chimie organique. J'ai déjà fait l'analyse de cinq huiles de cannelle, de sassafras, de santal et celle de trente espèces

d'huiles tant légères que pesantes, mais je me suis prescrit de n'en publier aucune tant que je n'ai pas pu en confronter les résultats avec ceux que me fournit l'analyse d'une huile préparée sous mes yeux, ou celles de plusieurs huiles de sources différentes.

Je reprendrai plus tard l'ensemble de ces résultats dans un mémoire spécialement destiné à montrer les rapports curieux qui se décèlent dans cette classe de corps, entre la composition et les propriétés physiques.

Je me borne à ajouter ici que les huiles pesantes se rapprochent des résines à un si haut degré, qu'on sera peut-être forcé quelque jour de les confondre.

Avant d'entamer l'exposition des résultats que m'a fourni l'analyse de l'indigo bleu et celle de ses nombreux produits, je dois faire connaître un procédé au moyen duquel on parvient à déterminer l'azote contenu dans une substance organique quelconque avec une rapidité et une certitude égale au moins à celles que l'on obtient maintenant pour le carbone et l'hydrogène.

Ce procédé fort simple a été mis en usage avec un succès complet dans l'analyse de plusieurs substances par moi-même et par MM. Pelouze et Boutron-Charlard, dans l'analyse qu'ils ont publiée de l'asparamide et de l'acide asparmique.

Je dispose le tube à analyse comme à l'ordinaire, en ayant soin de placer à son extrémité fermée quelques grammes de céruse. Après avoir fait le vide dans le tube, je décompose une portion de la céruse afin de balayer les portions d'air qui restent dans l'appareil et de les remplacer par de l'acide carbonique pur. Après avoir dégagé un litre d'acide carbonique environ, je fais le

vide une seconde fois et j'opère la combustion comme à l'ordinaire : les gaz sont reçus, par le mercure, dans une cloche qui renferme une forte dissolution de potasse. La décomposition terminée, je chauffe de nouveau le carbonate de plomb et j'en dégage encore un litre ou deux d'acide carbonique, de manière à chasser tout l'azote de l'appareil et à le porter dans la cloche. En agitant convenablement celle-ci, l'acide carbonique est absorbé, et il reste l'azote pur que l'on peut mesurer avec précision.

La seule précaution à prendre consiste à décomposer une quantité de matière capable de produire au moins trente ou quarante centimètres cubes de gaz azote.

Du reste, tout procédé dans lequel l'azote n'est pas recueilli en entier, et surtout les procédés qui ont pour base le rapport de l'acide carbonique à l'azote comme on le déterminait autrefois, me paraissant radicalement inexacts par des motifs trop longs à développer ici, mais que j'ai résumés dans une note que je publierai ailleurs. Les expériences trop nombreuses auxquelles je me suis livré sur cette matière m'en ont de plus en plus convaincu.

L'analyse de l'indigo bleu, celle des acides auxquels il donne naissance sous l'influence de l'acide nitrique, ont déjà été l'objet des expériences les plus attentives : j'aurais même considéré la question comme terminée, si les chimistes allemands, qui ont analysé les acides de l'indigo, n'avaient pas été conduits à supposer que l'indigo lui-même ne contient point d'hydrogène. Quoique l'analyse de l'indigo que j'ai publiée il y a dix ans, eût été faite sur un produit moins pur que ceux qu'on sait

préparer maintenant, j'étais certain de l'existence de l'hydrogène dans l'indigo, et je pouvais même considérer comme un minimum la quantité d'hydrogène que j'avais observée alors.

Cette conviction devait me porter à considérer les analyses que MM. Buff et Liebig ont publiées comme étant susceptibles de quelques corrections utiles, puisque ces deux chimistes ont toujours regardé comme accidentel, l'hydrogène qu'ils ont néanmoins rencontré constamment et même en quantité assez notable. J'ai donc repris le sujet dans son ensemble, et si, malgré toutes les précautions que j'ai prises, il s'est encore glissé quelque erreur dans mes nouveaux résultats, les chimistes voudront bien me les pardonner en raison des difficultés singulières que présente un tel sujet.

Indigo bleu. L'indigo bleu peut s'obtenir pur de deux manières en partant de l'analyse et des recherches de M. Berzélius sur cette substance importante.

La première consiste à se procurer de l'indigo par la précipitation au moyen de la cuve à froid, et à dépouiller cet indigo de la matière rouge qu'il entraîne par des lavages à l'alcool bouillant.

La seconde consiste à sublimer l'indigo et à traiter de même les cristaux bien triés par l'alcool bouillant, jusqu'à ce que toute la matière rouge en soit séparée.

Je me suis procuré de l'indigo pur par ces deux procédés, et je l'ai soumis à une analyse complète. J'ai analysé de même l'indigo qui n'avait pas été purifié par l'alcool, pour voir jusqu'à quel point les anciennes analyses méritaient confiance.

0,368 d'indigo sublimé brut ont fourni 30 cm. cub. de gaz azote sec à 0° et 0,76.

0,525 du même indigo ont donné 0,192 d'eau.

0,355 d'indigo brut ont donné 0,923 d'acide carbonique et 132 d'eau.

On tire de ces expériences pour la composition de l'indigo analysé jusqu'à présent par les chimistes :

Carbone......	71,94	
Hydrogène....	4,12	4,05
Azote........	10,30	
Oxigène......	13,64	
	100,00	

Ces résultats s'éloignent peu de ceux qui ont été publiés déjà, et prouvent que les anciennes analyses étaient assez exactes.

Voici maintenant les résultats relatifs à l'indigo purifié par l'alcool :

I. 0,283 indigo sublimé, purifié par l'alcool bouillant, ont donné 0,746 acide carbonique et 0,102 eau.

II. 0,379 indigo précipité, purifié par l'alcool bouillant, ont donné 0,993 acide carbonique et 0,137 eau.

III. 0,400 indigo précipité, fait à chaud et lavé par l'alcool bouillant, ont donné 1,053 acide carbonique et 0,147 eau.

IV. 0,400 du même ont donné 34,1 cm. cub. d'azote à 0° et 0,76.

V. 0,317 du même, mais lavés de nouveau à la potasse caustique bouillante, puis à l'alcool bouillant, ont donné 0,836 acide carbonique et 0,117 eau.

Ces expériences ramenées en centièmes donnent les résultats suivans :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Carbone...	72,90	72,49	72,84	»	72,97
Hydrogène.	4,00	4,01	4,07	»	4,09
Azote.....	»	»	»	10,80	»

Ou bien en prenant une moyenne de ces nombres déjà si rapprochés, il contient :

Carbone......	72,80
Hydrogène....	4,04
Azote.........	10,80
Oxigène......	12,36
Indigo pur....	100,00

En calculant la composition de l'indigo pur d'après la formule $C^{45}\ H^{15}\ Az^{3}\ O^{3}$, on trouve des nombres qui se confondent avec les précédens. On a en effet :

C^{45}.....	1721,7	72,34
H^{15}.....	93,7	3,93
Az^{3}....	265,0	11,13
O^{3}......	300,0	12,60
	2380,4	100,00

Indigo blanc. Tous les chimistes comprendront j'espère que, malgré les soins les plus minutieux, je ne sois jamais parvenu à me procurer les quantités d'indigo blanc nécessaire pour une analyse élémentaire. Il fallait donc se résigner à l'emploi de moyens indirects, et l'on retombait dès lors dans une méthode quelconque entiè-

rement conforme à celle que M. Berzélius a récemment mise en pratique.

L'illustre chimiste suédois nous apprend que le sulfate de cuivre mis en contact avec une solution d'indigo blanc, qu'il convertit de suite en indigo bleu, lui cède une telle quantité d'oxigène, qu'on peut dire que 100 parties d'indigo bleu en ont pris 4,6 d'oxigène pour passer de l'état blanc à l'état bleu.

D'après l'analyse qui précède, on voit que si l'indigo bleu prend en cette circonstance le tiers de l'oxigène total que l'analyse y indique; cette quantité doit s'élever à 4,2 environ. Quoique ces deux nombres diffèrent peu, j'ai cru nécessaire de répéter un grand nombre de fois l'analyse de l'indigo bleu; mais les résultats que j'ai obtenus ont toujours été les mêmes.

Acide indigotique. J'ai mis le plus grand intérêt à me procurer l'acide indigotique dans un état de pureté parfait, car je me suis aperçu dès mes premiers essais que tant qu'on l'obtient coloré, il renferme assez d'acide carbazotique pour altérer très fortement les résultats de l'analyse. Celui que j'ai analysé était d'une blancheur parfaite.

I. 0,323 d'acide indigotique chauffé à 180° dans le vide sec, ont donné 0,563 d'acide carbonique et 0,090 d'eau.

II. 0,585 d'acide indigotique chauffé à 170° dans le vide ont donné 0,147 d'eau. Le tube à combustion prêt pour l'analyse avait été desséché lui-même dans le vide à 100°.

III. 0,508 d'acide indigotique ont donné 31 cm. cub. d'azote à 0° et 0,76.

IV. 0,837 *id.* ont donné 0,201 d'eau.
V. 0,793 *id.* ont donné 0,202.

En ramenant ces résultats en centièmes, on aurait :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Carbone....	48,23	»	»	»	»
Hydrogène..	3,09	28	»	2,66	2,82
Azote......	»	»	7,73	»	»
Oxigène....	»	»	»	»	»

En combinant les divers résultats, on trouve donc pour la composition de l'acide indigotique :

Carbone......	48,23
Hydrogène....	2,76
Azote........	7,73
Oxigène......	41,28
	100,00

La quantité d'eau que procure la combustion de l'acide indigotique est assez faible, on a donc cherché à la déterminer avec soin en répétant et variant des expériences sur des acides provenant des diverses préparations : elle s'est montrée constante. C'est donc un corps hydrogéné, comme le prouvent au reste les analyses de M. Buff, bien qu'il ait tiré de ses expériences des conclusions contraires à celles que je déduis des miennes.

En calculant la composition de l'acide indigotique d'après la formule suivante, on trouve des résultats qui se rapprochent beaucoup de ceux que donne l'analyse directe :

C^{45}.....	1721,7	48,09
H^{15}.....	93,7	2,61
Az^{3}....	265,0	7,40
O^{15}.....	1500,0	41,90
	3580,4	100,00

L'acide indigotique n'est donc pas autre chose en définitive que de l'indigo fortement oxigéné et renfermant cinq fois plus d'oxigène que l'indigo bleu. Cet acide nous offre le premier exemple d'un acide renfermant quinze atomes d'oxigène dans son propre atome, et il nous prouve combien nous sommes éloignés d'avoir réalisé toutes les combinaisons que la nature des choses rend possible. Entre l'indigo et l'acide indigotique, il n'y aurait guère moins de cinq oxides ou acides indiqués par l'analogie, mais qu'on n'a pas encore obtenus.

Acide carbazotique. Je désigne sous ce nom, avec M. Liebig, la substance connue autrefois sous celui d'amer de Welter. On conçoit bien que le mot carbazotique ne me paraît nullement convenable, mais je ne puis point adopter celui que propose M. Berzélius, acide nitropicrique, c'est-à-dire acide amer formé par l'acide nitrique ou renfermant cet acide. Toute discussion à ce sujet serait inutile : entre deux noms qui doivent être rejetés, je prends le plus ancien jusqu'à ce qu'on soit bien arrêté sur la nature même de l'amer de Welter.

Toutes les matières animales traitées par l'acide nitrique peuvent fournir de l'acide carbazotique. On sait depuis long-temps que ce singulier corps résiste à l'ac-

tion des acides les plus énergiques et qu'il forme des sels détonnans.

M. Chevreul a fixé l'attention des chimistes sur la facilité singulière avec laquelle on transforme l'acide indigotique en acide carbazotique par l'action de l'acide nitrique concentré. Cette conversion indique entre les deux corps une analogie de composition que les expériences suivantes vont éclaircir.

J'ai préparé l'acide carbazotique destiné à l'analyse au moyen de l'indigo. Après l'avoir converti en carbazotate de potasse que l'on a purifié par des cristallisations successives, l'acide a été isolé avec soin et soumis lui-même à plusieurs cristallisations.

Ainsi préparé, cet acide a fourni les résultats suivans :

I. 1,205 matière fondue ont donné 1,400 acide carbonique et 0,152 eau.

II. 0,870 matière fondue ont donné 1,005 acide carbonique et 0,105 eau.

III. 0,472 matière fondue ont donné 0,540 acide carbonique et 0,068 eau.

IV. 0,423 matière fondue ont donné 62 cm. cub. d'azote sec à 0° et 0,76.

Convertis en centièmes, ces résultats donnent :

Carbone.......	31,8
Azote.........	18,5
Hyrogène......	1,4
Oxigène.......	48,3
	100,0

Ces nombres conduisent à une formule fort simple que nous adopterons :

C^{25}.	940,4	31,3
Az^{6}	531,0	17,7
H^{6}.	37,5	1,3
O^{15}.	1500,0	49,7
	3008,9	100,0

Il est facile maintenant de se rendre compte du passage de l'acide indigotique à l'état d'acide carbazotique. En effet, si l'on soustrait des élémens du premier de l'ammoniaque et de l'acide oxalique et que l'on y ajoute de l'acide nitrique, on obtient exactement la composition de l'acide carbazotique. On sait depuis long-temps que pendant cette conversion il se forme de l'acide oxalique, et je crois avoir constaté la production de l'ammoniaque.

L'acide carbazotique deviendrait par ces résultats un composé d'hydrogène carboné C^{25} H^{6} et de trois proportions d'acide nitrique Az^{6} O^{15}, ce qui rend bien compte de ses propriétés détonnantes.

Cet acide n'est pas le dernier terme de la série de composés que je viens de parcourir. On voit que par simple oxidation, l'indigo blanc se convertit en indigo bleu ; celui-ci par une oxidation plus forte constitue l'acide indigotique. En modifiant plus énergiquement ce dernier, on passe à l'acide carbazotique qui, à son tour, va réagir de manière à produire un nouveau composé.

Quand on fait bouillir l'acide carbazotique avec une

dissolution alcaline concentrée, il se dégage de grandes quantités d'ammoniaque et l'on obtient un sel rouge intense qui ressemble beaucoup à celui que produirait l'acide croconique de Gmelin. J'examinerai ce phénomène plus en détail dans un nouveau mémoire.

Les analyses que je viens de décrire fixent la composition de l'indigo et celle des produits qui en dépendent d'une manière que je crois certaine. Avant de faire connaître l'interprétation qui me paraît propre à lier ces divers corps par une formule simple et générale, j'ai besoin de terminer l'analyse de quelques matières colorantes analogues à l'indigo ; dès qu'elles seront finies, je ferai connaître à l'Académie les résultats obtenus et le point de vue théorique d'après lequel je crois possible de classer ces corps dans un groupe fort naturel.

Mémoire *sur l'Huile essentielle de Moutarde noire;*

Par MM. J. Dumas et J. Pelouze.

Lu à l'Académie royale des Sciences le   août 1833.

Nous nous étions occupés simultanément de l'examen analytique de cette huile si curieuse, et la comparaison des résultats que nous avions obtenus nous ayant montré la plus parfaite identité, nous avons cru devoir nous réunir pour compléter ce travail.

Les résultats obtenus par MM. Robiquet et Boutron-Charlard, ceux que M. Fauré a publiés de son côté, et les diverses publications de MM. Henry et Garrot, ont attiré

sur cette matière l'attention des chimistes. Ils offrent en effet des particularités remarquables.

Grâce à ces travaux, on sait aujourd'hui que l'huile essentielle de moutarde ne préexiste pas dans la graine et qu'elle se forme sous l'influence de l'eau dans la distillation même. Cette observation importante, qui le devient bien davantage encore par la singulière complication de la composition de cette huile, nous a engagés à étudier le problême à fond. Nous ne pouvons présenter aujourd'hui à l'Académie que la première partie de ce travail.

Les huiles que nous avons examinées provenaient de source certaine : une partie nous a été donnée par M. Boutron-Charlard qui l'avait préparée exprès, et dont on connaît le zèle scientifique et la sagacité ; l'autre nous a été fournie par M. Robiquet. Elles étaient parfaitement identiques.

L'huile brute est souvent colorée. M. Boutron-Charlard est parvenu néanmoins, en mettant un soin particulier à sa préparation, à nous procurer une huile brute presque incolore. Cette coloration accidentelle a néanmoins peu d'importance ; elle disparaît toujours au moyen de quelques rectifications légères faites même à feu nu. On obtient ainsi une huile limpide, sans couleur et douée de tous les caractères de l'huile de moutarde ordinaire.

Ainsi purifiée, elle bout à 143° c. et possède une densité égale à 1,015 à la température de 20° c. Son odeur est excessivement forte et pénétrante.

Elle est très soluble dans l'alcool et dans l'éther ; elle est séparée par l'eau de ces dissolutions.

Elle dissout à chaud une grande quantité de soufre qui s'en sépare sous forme cristalline par le refroidissement. Elle dissout également beaucoup de phosphore à chaud ; ce dernier se sépare par le refroidissement sous forme liquide tant que la température n'est pas abaissée au-dessous de 43°, point de fusion du phosphore, mais à partir de ce point la matière se dépose en cristaux.

Le chlore attaque cette huile en donnant de l'acide hydrochlorique, mais la réaction manque de netteté et demande une étude nouvelle.

Les alcalis chauffés avec cette huile produisent à la fois du sulfure et du sulfocyanure. Il se forme certainement une troisième substance que nous n'avons pas pu isoler encore de l'huile attaquée. Il se dégage de grandes quantités d'ammoniaque pendant la réaction.

L'acide nitrique, l'eau régale, l'attaquent avec force et donnent pour résidu final une grande quantité d'acide sulfurique.

L'analyse de cette huile a été faite par les moyens suivans :

Le soufre a été dosé en brûlant l'huile au moyen de l'acide nitrique et pesant l'acide sulfurique formé à l'état de sulfate de baryte. 0,885 d'huile fournissent 1,300 de sulfate de baryte.

L'azote a été dosé par la méthode que l'un de nous a fait connaître à l'occasion de l'analyse de l'indigo. 0,894 d'huile ont donné 102,4 cm. cub. de gaz azote saturé d'humidité à 8° c. et 0,743.

L'hydrogène et le carbone ont été obtenus par les moyens ordinaires en ayant soin de diriger les gaz au travers d'un tube contenant de l'oxide puce de plomb.

0,368 d'huile ont donné 0,168 d'eau.
0,845 *id.* ont donné 0,381 d'eau.
0,502 *id.* ont donné 0,905 d'acide carbonique.
0,423 *id.* ont donné 0,776 d'acide carbonique.
0,355 *id.* ont donné 0,644 d'acide carbonique.
En réunissant ces divers résultats, en trouve :

Soufre	20,25
Azote........	14,45
Hydrogène....	5,02
Carbone......	49,98
Oxigène......	10,30
	100,00

Le nombre de ces élémens nous faisait une loi de répéter les analyses dont nous ne rapportons qu'une partie, pour mettre la plus grande précision dans les appréciations partielles. On conçoit en effet que l'oxigène ne pouvant être évalué que par différence, la moindre erreur sur les quatre élémens qui peuvent être pesés directement entraînerait pour l'oxigène à une erreur des plus graves et capable de tromper complètement sur la formule de ce composé. L'accord de nos résultats nous donne une entière confiance dans la formule suivante :

C^{32}.......	1224,3	49,84
H^{20}.......	125,0	5,09
Az^{4}......	354,0	14,41
$O^{5/2}$......	250,0	10,18
$S^{5/2}$......	502,9	20,48
	2456,2	100,00

On verra plus bas que cette formule fort remarquable a été vérifiée par diverses méthodes susceptibles de la plus grande précision.

Nous retrouvons en effet dans cette formule 5 at. de l'élément électro-négatif, savoir $\frac{5}{2}$ d'oxigène et $\frac{5}{2}$ de soufre, qui ont, comme on sait, la propriété de se remplacer atome à atome. C'est précisément 5 atomes d'oxigène qui entrent dans la composition de l'huile de gérofles, comme l'un de nous l'a déjà fait voir.

On serait donc porté à croire qu'ici la formule générale des huiles pesantes est seulement modifiée par l'introduction de l'azote dans le radical, et celle du soufre dans l'élément négatif.

Quoi qu'il en soit, l'huile de moutarde méritait un examen attentif. Nous avons donc pris la densité de la vapeur au moyen de la méthode que l'un de nous a fait connaître. Voici les données de deux expériences :

Poids du ballon plein d'air. . .	62,619	47,820
Température de l'air.	8°	17°
Pression.	0,754	0,760
Poids du ballon plein de vapeur	62,930	48,318
Température de la vapeur . . .	172°	168°
Capacité du ballon.	210 cm. cub.	308

D'après ces expériences, la densité de la vapeur serait égale à 3,40. Le calcul donne une valeur à peu près semblable.

C^{16}	6,736
H^{10}	0,688
Az^{2}.	1,952
$S^{5/4}$.	2,756
$O^{5/4}$.	1,378
	13,510

$$\frac{13,510}{4} = 3,37$$

La prédominance des élémens électro-négatifs de cette huile nous a porté à y chercher les caractères d'un acide, mais comme les bases oxidées l'altèrent, il a fallu recourir à l'ammoniaque ou à l'hydrogène proto-phosphoré. Ce dernier gaz est sans action sur elle. Il n'en est pas de même de l'ammoniaque; il est absorbé rapidement et donne naissance à un produit nouveau soluble dans l'eau et susceptible de cristalliser avec la plus parfaite régularité.

Ce produit n'est pourtant pas un sel, car les acides ni les bases ne peuvent en retirer l'huile : c'est plutôt un corps de la famille des *amides*.

Après avoir constaté que le gaz ammoniaque parfaitement sec se combine avec l'huile sèche elle-même, sans apparition d'eau ou d'aucun produit accidentel, si ce n'est quelques traces impondérables d'hydrosulfocyanate d'ammoniaque, nous avons adopté pour la préparation du nouveau produit une méthode bien simple.

Elle consiste à mettre dans un flacon à l'émeri l'huile en contact avec un excès de dissolution aqueuse d'ammoniaque. Au bout de quelques jours l'huile a complètement disparu, et à sa place on trouve une belle masse cristallisée.

Les cristaux redissous dans l'eau et traités par le charbon animal se décolorent parfaitement bien et se retrouvent par l'évaporation et le refroidissement.

Ils sont d'un blanc éclatant, sans odeur, fusibles à 70°, d'une saveur amère. Ils affectent la forme d'un prisme à base rhomboïdale. Ils se dissolvent dans l'eau froide et mieux dans l'eau chaude. L'alcool, l'éther les dissolvent aussi. Les dissolutions sont neutres et ne se troublent sous l'influence d'aucun réactif.

Les alcalis bouillans en dégagent de l'ammoniaque, mais ce dégagement lent s'effectue à la manière des substances qui ont besoin de décomposer l'eau pour produire ce gaz.

L'acide nitrique les détruit et laisse de l'acide sulfurique.

Par aucun moyen on n'a pu en retirer de l'huile de moutarde.

L'analyse de ces cristaux donne des résultats fort nets. Nous aurions pu nous dispenser de la faire, car nous avions trouvé par expérience que 0,410 d'huile absorbent 100 cm. cub. de gaz ammoniaque sec à 13° et 0,753; ce qui prouve que l'huile et le gaz se combinent à volumes égaux.

Mais comme l'analyse de ces cristaux était plus facile que celle de l'huile elle-même, nous avons voulu la faire avec soin pour vérifier la composition de l'huile elle-même. Les méthodes mises en usage pour cette analyse étant les mêmes que celles qu'on a indiquées pour l'analyse, on se borne à citer ici les nombres obtenus.

0,760 de cristaux ont donné 0,930 de sulfate de baryte.

0,800 *id.* ont donné 0,980 de sulfate de baryte.

0,500 *id.* ont fourni 101,6 cm. cub. d'azote saturé d'humidité à 10°,8 et 0,775.

0,162 *id.* ont fourni 32 cm. cub. d'azote à 11° et 0,759.

0,400 *id.* ont donné 0,251 d'eau et 0,635 d'acide carbonique.

0,430 *id.* ont donné 0,265 d'eau et 0,665 d'acide carbonique.

0,445 *id.* ont donné 0,277 d'eau et 0,695 d'acide carbonique.

D'où l'on tire pour leur composition :

Soufre.	16,84
Azote	24,62
Hydrogène. . .	6,90
Carbone. . . .	42,75
Oxigène	8,89
	100,00

Ces résultats se rapportent à la formule suivante :

C^{32}. . . .	1224,3	42,43
H^{32} . . .	200,0	6,93
Az^{8} . . .	708,0	24,54
$O^{5/2}$ . . .	250,0	8,66
$S^{5/2}$ . . .	502,9	17,44
	2885,2	100,00

Et cette formule elle-même est représentée par 8 vol. de gaz ammoniaque et 8 vol. de vapeur d'huile.

On sait qu'en général il faut 1 atome d'acide pour saturer quatre volumes de gaz ammoniaque, et quoique

nous n'ayons pas affaire ici à un véritable sel, tout porte à croire que ces rapports de combinaisons sont conservés.

Ainsi nous considérons comme étant la véritable formule de l'huile $C^{16}\ H^{10}\ Az^{2}\ S^{5/4}\ O^{5/4}$, et cette formule représente alors quatre volumes de vapeur d'huile.

Alors la formule des cristaux devient elle-même $C^{16}\ H^{16}\ Az^{4}\ S^{5/4}\ O^{5/4}$, et on peut les représenter par 4 vol. d'huile et 4 vol. d'ammoniaque.

En adoptant ces formules qui, après tout, expriment des faits, on voit que l'huile de moutarde ne renferme réellement que $\frac{5}{2}$ atomes d'élémens électro-négatif tant soufre qu'oxigène et que s'il fallait lui trouver un terme de comparaison dans la chimie minérale, c'est à côté des acides phosphorique ou arsenique qu'elle irait se placer.

D'ailleurs, dès qu'il est prouvé que l'indigo renferme un radical ternaire formé de carbone, d'azote et d'hydrogène, l'existence d'un radical pareil dans l'huile de moutarde n'a rien qui doive étonner. Quant au soufre de cette huile, il est présumable, et l'on pourrait même dire évident, qu'il est là comme remplaçant un nombre égal d'atomes d'oxigène. Ainsi, dès à présent, l'on pourrait se former des idées nettes et simples sur la nature de ce composé qui semblait si extraordinaire.

Mais loin de vouloir établir ici des suppositions plus ou moins vraisemblables à cet égard, nous ne pensons même pas qu'il soit tenu encore d'imposer des noms aux deux substances que nous venons de faire connaître, quoique leur nature soit à la fois bien distincte et bien définie.

C'est que nous avons déjà fait l'analyse d'une troisième matière, la *synapisine*, qui présente de grands rapports avec l'huile de moutarde elle-même, et que nous avons l'espoir de présenter dans un second travail des notions précises sur la nature du radical commun à ces diverses substances.

MÉMOIRE *sur les Surfaces isothermes dans les corps solides en équilibre de température ;*

PAR M. LAMÉ,

Professeur de physique à l'École polytechnique.

On remarque une certaine analogie entre les équations générales qui expriment les lois de plusieurs phénomènes physiques différens. Cette analogie tient en grande partie à ce que les fonctions si différentes que renferment ces équations ont toutes les mêmes variables indépendantes ; elle est aussi une conséquence nécessaire des limites que le géomètre est obligé d'apporter à l'étendue des phénomènes qu'il considère, pour que le calcul puisse les étudier, et les représenter par des formules plus simples et plus faciles à traiter. Si ces limitations nuisent en apparence, en ce qu'elles diminuent la généralité des questions que l'on traite, elles ont l'immense avantage d'offrir un moyen certain de les aborder, et de conduire à la solution complète d'un grand nombre de cas particuliers ; solution qui n'eût pas été obtenue si l'on avait voulu la déduire du cas le plus

général, à cause des difficultés encore insurmontables que l'analyse eût rencontrées dans cette généralisation.

D'ailleurs, la seule marche à suivre pour s'élever à la solution complète d'une question physico-mathématique, consiste évidemment à l'envisager dans des cas simples, quelque restreints qu'ils soient, quelles que soient les fonctions, variables en réalité, dont ils supposent la constance, et de ne les abandonner pour tenter des cas plus généraux, que lorsque les premiers sont complètement traités, et que toutes les difficultés d'analyse qu'ils présentaient ont été levées. La série des immenses progrès qu'a faits l'astronomie mathématique, depuis la découverte de Newton, est évidemment due à ce que cette marche rationnelle a été constamment suivie par les grands géomètres qui se sont occupés de la physique céleste.

Ainsi, quoique les importantes recherches expérimentales de MM. Dulong et Petit aient prouvé que la loi du refroidissement d'un corps solide n'est pas aussi simple que Newton l'avait supposé, et qu'il faille compliquer l'équation de la surface, dans la théorie analytique de la chaleur, pour la mettre complètement d'accord avec les nouveaux faits, lorsqu'on veut traiter le cas d'un corps qui perd sa chaleur par le rayonnement dans le vide, il ne me paraît pas qu'il soit encore temps d'aborder la question sous ce point de vue de généralité. En conservant l'équation de la surface dans sa première simplicité, l'étendue des phénomènes que le géomètre étudie est seulement limitée aux cas où les températures extrêmes de la surface du corps traversé par la

chaleur, ne sont pas assez élevées pour que la loi de Newton cesse d'être applicable.

Ce qui prouve, au reste, que le terme de l'équation de la surface, que l'on devrait modifier pour lui faire exprimer la loi physique dans toute sa généralité, a été bien choisi lorsque les géomètres ont abordé la question dont il s'agit, c'est qu'il est la différentielle première de la fonction nouvelle déduite des expériences de MM. Dulong et Petit, et forme le premier terme de son développement ; il ne serait pas plus rationnel, d'après cela, de vouloir traiter de suite la question physique en introduisant cette fonction complète, que de considérer maintenant les termes de l'équation générale qui dépendent des coefficiens aux différences partielles du quatrième ordre.

Pareillement, quoique l'expérience ait appris que l'élasticité peut varier dans les corps solides de la nature, d'une direction à une autre autour d'un même point, il serait certainement prématuré de vouloir étudier dès à présent les propriétés intégrales d'un corps solide à trois axes d'élasticité différens. Les lois de l'équilibre et des mouvemens intérieurs des corps solides homogènes, d'égale élasticité dans tous les sens, sont encore trop peu connues, et l'analyse y rencontre encore des difficultés trop grandes pour que le géomètre puisse attaquer avec succès des cas plus généraux.

On pourrait dire la même chose des questions de physique mathématique, où le géomètre se proposerait d'étudier la superposition des effets dus à plusieurs agens physiques simultanés ; sans doute il est intéressant et même important, pour guider dans le choix des cas

simples d'étudier aujourd'hui les propriétés différentielles, correspondantes à ces questions multiples; mais il est évident qu'on ne pourra obtenir quelques résultats, relativement aux propriétés intégrales, que lorsqu'elles seront connues pour chaque question physique partielle et séparée ; vouloir les subordonner ensemble, ce serait compliquer inutilement les problêmes différens que l'on doit résoudre d'abord, avant d'acquérir l'expression exacte et complète des phénomènes naturels où plusieurs agens physiques superposent leurs effets.

Dans l'état actuel de l'analyse physico-mathématique, l'analogie qui existe entre les équations générales des classes de phénomènes naturels qu'elle a pu aborder, établit entre les questions diverses qu'elle traite, un lien précieux pour les progrès futurs. Un nouveau cas traité dans la théorie analytique de la chaleur, quoique peu important en lui-même, si on le considère sous le point de vue de la question physique qu'il traite spécialement, peut conduire à la solution d'un cas correspondant et plus compliqué, dans la théorie des corps élastiques, et présenter alors des résultats immédiatement utiles aux ingénieurs. Cette dépendance actuelle disparaîtra sans doute par la suite, lorsque le géomètre pourra généraliser ses équations, et considérer les variations réelles des paramètres qu'il avait d'abord supposés constans.

La recherche des propriétés intégrales présente des difficultés bien différentes, suivant la forme que prennent les équations de la surface, d'après les circonstances physiques dans lesquelles se trouve le corps pendant toute la durée du phénomène que l'on étudie. Par exemple, lorsqu'on cherche la loi des températures va-

riables d'un corps solide qui se refroidit, sa chaleur peut se dissiper à la surface, ou par communication, ou par rayonnement; relativement à l'ordre croissant des difficultés, il convient d'aborder en premier lieu le cas où la chaleur se perd par communication, qui a de plus l'avantage de conduire à des résultats conformes à l'expérience dans une plus grande étendue.

La question peut encore être divisée en la considérant successivement sous le point de vue statique et sous le point de vue dynamique. Ainsi, dans la théorie analytique de la chaleur, on peut se proposer de trouver la loi des températures stationnaires des différens points d'un corps solide dont la surface est soumise à des causes constantes de chaleur et de froid; ou bien on peut chercher la loi des températures variables de ce même corps, lorsqu'étant d'abord échauffé d'une certaine manière, il se trouve placé dans de nouvelles circonstances. De même, dans la théorie des corps élastiques, on peut chercher les lois suivant lesquelles se distribuent les pressions ou les tractions, dans l'intérieur d'un corps solide, assujetti à des efforts constamment exercés à sa surface; ou bien on peut se proposer de déterminer les mouvemens vibratoires et de totalité qu'exécute un corps solide primitivement assujetti à certains changemens de forme, lorsque les causes étrangères qui les avaient produits cessent d'agir sur lui.

Il semble, au premier aperçu, que la recherche des propriétés intégrales doive offrir moins de difficulté dans les questions statiques que dans celles dynamiques, puisque le nombre des variables indépendantes est réduite à trois, mais c'est ce qui n'a pas lieu, le plus sou-

vent, à cause de la forme des équations différentielles, de celle de leurs intégrales générales, et de la facilité de déterminer les fonctions arbitraires, dans le cas du mouvement, lorsqu'on connaît l'état initial ou la valeur de l'état variable à l'origine du temps, en se servant des procédés analytiques que plusieurs géomètres ont découverts. Lorsque l'état physique est stationnaire, les seules variables sont les coordonnées; et quoiqu'elles entrent de la même manière dans les équations générales, le mode d'intégration connu exige qu'on détruise cette symétrie, ce qui n'a pas lieu dans le cas où les fonctions varient avec le temps. C'est peut-être ce défaut de symétrie qui rend insoluble, quant à présent, presque toutes les questions de l'équilibre intérieur d'un corps solide, de dimensions finies dans tous les sens.

L'importance de toutes les questions relatives à l'équilibre intérieur des corps solides élastiques m'a porté à m'occuper des questions statiques analogues et plus simples de la théorie de la chaleur. Le mémoire dont je présente ici l'analyse, a pour objet spécial le développement des résultats que j'ai obtenus, en travaillant dans cette direction.

Lorsqu'un corps solide homogène est en équilibre de température, sous l'influence de sources constantes de chaleur et de froid, contre lesquelles sa surface est immédiatement appliquée, il existe dans l'intérieur de ce corps, des surfaces où la température reste la même, dans toute l'étendue de chacune d'elles. Ces surfaces *isothermes* peuvent être conçues, représentées par une même équation contenant un paramètre, variable de l'une à l'autre. Ce paramètre est ainsi une fonction des

coordonnées, dont la valeur numérique est constante pour tous les points d'une surface isotherme individuelle.

Toute fonction n'est pas propre à représenter des surfaces isothermes; elle doit satisfaire pour cela à une équation aux différences partielles, qui se déduit aisément de l'équation générale qui lie les températures. Si cette fonction était connue, la température stationnaire dépendrait uniquement du paramètre qui particularise chaque surface isotherme, et une simple intégration aux différences ordinaires, conduirait à son expression intégrale, toujours de même forme et contenant deux constantes arbitraires.

Il suit de là que, dans le cas particulier d'une enveloppe solide dont les parois intérieure et extérieure seraient entretenues à une température uniforme, constante, mais différente de l'une à l'autre de ces parois, la loi des températures stationnaires serait numériquement connue, si l'on pouvait déterminer *à priori* l'équation générale des surfaces isothermes qui correspondent à ce cas.

Mais les cas simples d'une sphère creuse et d'un cylindre creux indéfini, à base circulaire, dans lesquelles l'épaisseur de l'enveloppe serait partout la même, sont les seuls où la détermination préalable des surfaces isothermes n'offre aucune difficulté. Pour tout autre cas, les parois, quoique toujours comprises parmi ces surfaces, doivent le plus souvent s'en distinguer par quelque propriété singulière, et en quelque sorte *ombilicale*, qui n'appartienne pas à toutes les autres surfaces isothermes de l'intérieur de l'enveloppe.

Il ne suffirait pas, pour éloigner cette circonstance,

qui complique la recherche directe de l'équation générale de ces surfaces, que les parois appartinssent à la même famille, et que leurs équations de même forme et du même degré continssent le même nombre de constantes. Car, dans ce cas, qui paraît beaucoup plus simple, au premier abord, que celui où les parois seraient dissemblables, on ne pourrait pas conclure en général que les surfaces isothermes dussent être directement représentées par des équations de même forme et du même degré que celles des parois qui limitent l'enveloppe solide. Par exemple, dans un ellipsoïde creux, dont la paroi interne serait semblable à la surface extérieure, les surfaces d'égale température ne seraient pas nécessairement des ellipsoïdes semblables aux parois, ni même des ellipsoïdes.

Les conditions nécessaires pour que la forme commune des équations des deux parois soit réellement celle qui appartient aux surfaces isothermes, peuvent se déduire analytiquement de la vérification de l'équation aux différences partielles de ces surfaces. En prenant cette forme pour l'équation générale cherchée, on regardera toutes les constantes qu'elle contient comme des fonctions inconnues du paramètre des surfaces isothermes; on en déduira par des différentiations convenables les coefficiens différentiels de ce paramètre, et après les avoir substitués dans l'équation qu'ils doivent vérifier, on posera les relations nécessaires pour qu'elle soit satisfaite, quelles que soient les coordonnées; si ces relations entre les variations des constantes arbitraires ne sont pas incompatibles, leurs intégrations feront connaître comment le paramètre doit entrer dans les cons-

tantes de la forme proposée, pour qu'elle puisse représenter les surfaces d'égale température; enfin, il faudra que deux valeurs numériques données à ce paramètre puissent rendre l'équation générale successivement identique avec les équations des deux parois.

Si cette vérification ne réussit pas, il faudra en conclure que, dans le cas considéré, les surfaces isothermes de l'intérieur de l'enveloppe doivent être exprimées par une équation différente, et probablement plus compliquée que celle des parois, et que ces dernières ne rentrent dans l'équation générale que par la disparition de certains termes essentiels pour tout autre surface individuelle.

J'ai appliqué cette méthode au cas où l'enveloppe solide est limitée par deux surfaces du second degré, ayant même centre, leurs axes principaux étant de plus situés sur les mêmes droites. J'ai trouvé que trois systèmes différens de surfaces isothermes sont compris dans l'équation générale du second degré que j'ai considérée. Dans le premier, les surfaces isothermes sont des ellipsoïdes à trois axes inégaux; dans le second, des hyperboloïdes à une nappe; dans le troisième, des hyperboloïdes à deux nappes. Toutes les surfaces de chaque système, et même celles des trois systèmes réunis, ont pour élémens constans de l'une à l'autre les distances focales de leurs sections principales faites par les mêmes plans coordonnés.

Ainsi, lorsqu'on entretient à deux températures constantes et uniformes les parois d'une enveloppe solide, terminée par des ellipsoïdes dont les sections principales ont les mêmes foyers, les surfaces isothermes dans l'in-

térieur de cette enveloppe sont encore des ellipsoïdes ayant les mêmes foyers que les précédens. Si l'enveloppe a pour limites deux hyperboloïdes à une nappe indéfinie, dont les sections principales ont les mêmes foyers, ses surfaces isothermes sont encore des hyperboloïdes de même espèce assujettis à la même condition. Enfin, si les parois indéfinies de l'enveloppe sont les moitiés des hyperboloïdes à deux nappes, ayant mêmes foyers, ses surfaces isothermes seront toutes des moitiés d'hyperboloïdes de la même famille.

En considérant simultanément ces trois systèmes différens, on est conduit à des conséquences remarquables, tant sous le point de vue de la question physique, que sous celui de la géométrie et de l'analyse. Il convient de prendre, pour le paramètre ou pour la constante dont la valeur numérique particularise une surface isotherme dans chaque système, le demi-grand axe de cette surface individuelle. J'appelle, pour fixer les idées, foyers d'une surface du second degré à axes inégaux, les quatre foyers des deux sections principales qui ont le même grand axe, et je désigne sous le nom de surfaces *homofocales*, toutes les surfaces du second degré imaginables, ayant même centre, mêmes plans de sections principales et mêmes foyers.

Un point quelconque de l'espace est situé sur trois surfaces homofocales : l'une est une ellipsoïde, la seconde est une hyperboloïde à une nappe, et la troisième une hyperboloïde à deux nappes ; ces trois surfaces se coupent à angles droits. Leurs paramètres peuvent être considérés comme composant un nouveau genre de coordonnées que j'appelle elliptiques, et qui paraît devoir

être choisi de préférence à tout autre dans la question physique dont il s'agit ici. Toutes les surfaces homofocales de deux quelconques des trois systèmes conjugués de surfaces isothermes que j'ai définis, rencontrent normalement une surface courbe quelconque du troisième système, et trace sur elle toutes ses lignes de courbure.

Ainsi, les lignes de courbure d'un ellipsoïde à trois axes inégaux sont données par les intersections à angle droit, d'une infinité d'hyperboloïdes à une et à deux nappes, ayant les mêmes foyers que l'ellipsoïde proposé. Ou autrement, les trois familles de surface du second degré homofocales n'ont que trois espèces de lignes de courbure essentiellement différentes, au lieu de six. Chacune de ces trois espèces de lignes de courbure, commune à deux des trois systèmes conjugués de surfaces isothermes, rencontrera normalement toutes les surfaces du troisième, et représentera en quelque sorte les filets de chaleur, ou les trajectoires que suivraient les molécules du calorique dans l'enveloppe définie par ce dernier système.

Par exemple, dans le cas de l'enveloppe ellipsoïdale, si l'on imagine un canal infiniment délié, qui la traversera en coupant normalement toutes ses surfaces isothermes, et qui serait compris entre quatre hyperboloïdes infiniment voisins ayant mêmes foyers que ces surfaces, ce canal laissera écouler une même quantité de chaleur dans le même temps, par toutes ses sections normales, et ses parois ne seront traversées par aucune molécule calorifique. C'est sous ce point de vue qu'on peut appeler ce canal un filet de chaleur. Sa dépense est indépendante de la coordonnée elliptique, qui particu-

arise les surfaces isothermes ellipsoïdales, mais elle
varie avec la position de ce filet. On trouve que les
lux de chaleur qui traversent des élémens superficiels
le même grandeur, situés aux extrémités des axes d'une
nême surface d'égale température, sont respectivement
proportionnels à ces axes.

Les deux cas d'équilibre de température des enve-
oppes terminées par des hyperboloïdes homofocaux et
sothermes, peuvent être étudiés d'une manière ana-
ogue. La température est exprimée, dans les trois cas,
par une transcendante elliptique de première espèce,
lont la variable est le paramètre des surfaces isothermes
correspondantes. Le genre de coordonnées elliptiques
auquel on est conduit en traitant la question physique
lont il s'agit, paraît devoir fournir les élémens d'une
sorte de trigonométrie elliptique, dont l'objet serait de
lémontrer synthétiquement et d'une manière simple les
formules qui lient entre elles les différentes espèces de
transcendantes elliptiques.

Une de ces relations se déduit de la quantité de cha-
leur qui traverse les surfaces isothermes, d'un des trois
cas que j'ai considérés, et que l'on peut évaluer soit en
coordonnées orthogonales, soit en coordonnées ellipti-
ques. Une autre naît de la cubature d'un ellipsoïde à
axes inégaux qui peut être exprimée par une intégrale
triple, développable en une somme algébrique de triples
produits de transcendantes elliptiques.

J'ai traité dans ce Mémoire, outre les cas généraux
que j'ai définis, des cas particuliers où les parois de
l'enveloppe seraient des surfaces du second degré de ré-
volution, et des cylindres ayant pour base des courbes

du second degré. Il est facile de prévoir toutes les conséquences relatives à ces nouvelles enveloppes, plus simples que les premières.

Si l'on considère le cône comme la limite d'un hyperboloïde à une nappe ou à deux nappes, on peut déduire de l'analyse, dont je viens d'exposer le principe et les résultats, quelle serait la loi des températures stationnaires de tous les points d'une enveloppe solide, dont les parois seraient deux cônes obliques du second degré, ayant le même sommet, et leurs sections principales situées sur les mêmes plans, lorsque ces deux parois, entretenues chacune à une température uniformément constante, ont entre elles cette relation de forme, qu'elles sont asymptotiques à deux hyperboloïdes aux mêmes foyers. Les surfaces isothermes seraient alors des cônes de la même famille, ou asymptotiques à des hyperboloïdes ayant les mêmes foyers que les hyperboloïdes avec lesquels les parois se confondent infiniment loin du sommet.

Mais comme il est impossible de réaliser des circonstances physiques semblables, à cause du flux de chaleur qui devrait avoir lieu au sommet, sur une épaisseur nulle, et qui serait infiniment grand, comparativement au flux qui traverserait toute autre partie de l'enveloppe, je me suis dispensé de discuter plus longuement ce cas particulier. Je ne l'offre ici que comme une limite offerte par l'analyse, et qui pourra jeter quelque jour sur la manière de considérer le cône, toutes les fois qu'on voudra étudier l'équilibre et le mouvement des agens physiques dans son intérieur. Je m'empresse d'imiter ici la réserve avec laquelle un de nos premiers géo-

mètres a abordé la question du cône, lorsqu'il a déduit de l'analyse les lois de la distribution de l'électricité libre sur la surface des corps conducteurs.

Les coordonnées elliptiques, qui sont indiquées par l'analyse mathématique de l'équilibre de la chaleur dans les corps que j'ai considérés, donnent le moyen de traiter le cas plus général où la température varierait avec le temps, dans un corps ou dans une enveloppe solide creuse, dont les parois seraient des surfaces du second degré, auxquelles seraient immédiatement appliqués des foyers calorifiques connus. En exprimant l'équation générale au moyen des coordonnées dont il s'agit, on parvient, comme dans les cas traités jusqu'ici, à ramener la solution complète de la question, à l'intégration d'équations aux différences ordinaires, linéaires et du second ordre, en sorte que la seule difficulté qui s'oppose encore à l'évaluation numérique des propriétés intégrales, ne consiste plus qu'à intégrer ces dernières équations au moyen de séries suffisamment convergentes.

Ces équations aux différences ordinaires prennent leur forme la plus simple et la plus commode, en y substituant aux coordonnées elliptiques un autre genre de coordonnées qui a encore un rapport plus direct avec la question physique. Si l'on considère séparément les trois systèmes, conjugués et octogonaux, des surfaces isothermes du second degré, la température stationnaire est exprimée dans chacun de ces systèmes, par une transcendante elliptique, dont la variable est le paramètre des surfaces isothermes correspondantes. Ce sont les trois transcendantes elliptiques exprimant les températures stationnaires dans ces trois cas, qui consti-

tuent les nouvelles coordonnées dont il s'agit. On peut ainsi traiter, sans autre difficulté nouvelle, que celle de l'intégration par série d'équations aux différences ordinaires, linéaires et du second ordre, le cas général du mouvement de la chaleur dans un corps solide, formant une sorte de parallélipipède curviligne, dont les six faces courbes, soumises à des foyers connus, appartiendraient deux à deux à un ellipsoïde d'axes inégaux, à un hyperboloïde à une nappe et un hyperboloïde à deux nappes.

Il m'a semblé que les théorèmes que je viens d'énoncer pouvaient jeter quelque jour sur la marche à suivre pour étudier complètement les propriétés intégrales du mouvement et de l'équilibre des agens physiques dans l'intérieur des corps solides de forme donnée. C'est ce qui m'a déterminé à donner ici le résumé du mémoire qui contient la démonstration de ces théorèmes, quoiqu'ils se rapportent à la question physico-mathématique la plus simple, et quoique je n'aie pas envisagé cette question elle-même sous son point de vue le plus général.

Sur *plusieurs nouvelles Combinaisons de Platine;*

Par M. Doebereiner.

Si l'on mêle du chloride de platine avec une dissolution de carbonate de soude en excès et que l'on expose pendant plusieurs jours le liquide au soleil ou à une température de 100° c., il s'y forme peu à peu un précipité d'un jaune de chrôme, partie pulvérulent, partie en petits cristaux, qui est un composé d'oxide de platine et

de soude dont les proportions ne sont pas encore bien déterminées et qui contient quelquefois encore de 0,5 jusqu'à un pour cent de chlore. Je regarde ce précipité comme un sel que j'appellerai provisoirement *platinate de soude* et que je désignerai par $\dot{Na}\,\ddot{Pt}^{x}$. Ce sel chauffé jusqu'au rouge donne d'abord une portion d'eau, puis de l'acide et devient en même temps noir : on peut alors en retirer par l'eau la soude qu'il contient. L'oxide noir qui reste paraît être un mélange de platine et d'oxide de platine; car il enflamme le courant d'hydrogène que l'on fait passer dessus et donne avec l'acide muriatique du chlorure de platine, et une poudre noire qui ne s'y dissout pas, rougit tout à coup dans le gaz détonant et devient d'un gris blanc. Cet oxide se comporte aussi à l'égard de l'acide oxalique comme un mélange d'oxide et de métal.

L'acide acétique enlève au sel en question toute la soude qu'il contient et laisse de l'oxide de platine d'une couleur jaune d'ocre. Une petite quantité de cet oxide se dissout dans l'acide, sans que celui-ci se colore; d'où il paraît s'ensuivre que l'oxide de platine ne se dissout que difficilement ou même presque pas dans l'acide acétique. Cependant on peut objecter contre cette observation que le chloride de platine n'est pas précipité par l'acétate de soude, et que le mélange liquide des deux sels ne souffre aucune altération, soit par la chaleur, soit par la lumière solaire; mais l'alcool réduit en mousse l'oxide qui y est contenu, et il faut pour cela que l'oxide soit uni à l'acide acétique dans la dissolution, car le chloride de platine même n'est jamais réduit si vite et si parfaitement par l'alcool.

L'acide formique décompose complètement le platinate de soude à l'aide d'une chaleur douce, c'est-à-dire que tout l'oxide de platine est réduit, et qu'il s'opère un dégagement d'acide carbonique extrêmement tumultueux. 8 grains de ce sel desséchés à la température de l'eau bouillante ont donné avec cet acide 5 pouces cubes d'acide carbonique à la température 0° et à la pression réduite de 28 pouces. Par conséquent 2,5 pouces cubes (= 1,05 grains) d'oxigène sont combinés avec le platine dans les 8 grains de sel. Le platine réduit a l'apparence d'une poudre noire (mousse de platine) qui devient instantanément rouge lorsqu'elle est répandue sur des feuilles de papier à impression légèrement imprégnés d'alcool.

L'acide oxalique dissout le platinate de soude au moyen de la chaleur avec développement d'acide carbonique. On obtient un liquide foncé qui, en se refroidissant, devient d'abord vert et ensuite d'un bleu foncé magnifique; il s'y forme bientôt de petits cristaux en aiguilles d'un rouge cuivré foncé et d'un grand éclat métallique qui sont de l'*oxalate d'oxidule de platine* $\dot{Pt}\,\overline{O}$. Ces cristaux étant chauffés détonent sans fulmination : il s'en sépare de l'eau, et il se produit de l'acide carbonique. Le liquide séparé des cristaux est d'un bleu pâle; étendu d'eau, il devient jaune, et soumis à l'évaporation il passe à un bleu foncé.

L'acide nitrique étendu dissout facilement le platinate de soude; la dissolution est d'un jaune foncé; elle forme dans une solution de nitrate d'argent un précipité jaune qui est entièrement dissout par l'acide nitrique si le sel

est exempt de chlore ; c'est probablement du *nitro-platinate d'argent.*

Si l'on mêle le chloride de platine d'abord avec un peu de lait de chaux, puis avec une grande quantité d'eau de chaux, et que l'on expose la dissolution filtrée au soleil, elle deviendra promptement trouble comme du lait, et au bout de quelques heures, il se forme un précipité floconneux qui se présente, après avoir bouilli, en une poudre d'un blanc jaunâtre. Ce produit est, d'après Herschel, du *platinate* de chaux (1); mais d'après mon procédé pour l'obtenir, c'est une combinaison de *chloride de platine avec du platinate de chaux* ($Pt\,Ch^2 + \underline{\dot{Ca}}\,\ddot{Pt}^3$), car il contient, outre l'oxide de platine, de la chaux et de l'eau pour environ 95 pour cent de chlore.

Si l'on chauffe cette combinaison dans un creuset de platine couvert jusqu'au rouge vif, elle perd en poids environ 25 proc., c'est-à-dire de l'eau et une partie de l'oxigène combiné avec le platine ; elle se change en une poudre d'un *violet foncé* qui, arrosée d'eau, s'échauffe très fortement, et qui, traitée par de l'acide nitrique étendu, etc., se décompose en chlorure de calcium, en chaux et en oxide de platine d'un *violet foncé.*

Cet oxide violet est, à ce que je crois, l'*oxidule de platine pur* $\dot{Pt}$ (la base du sel oxalique cuivré mentionné plus haut). Ce même oxide ne se dissout dans aucun oxacide, mais il se combine avec l'acide oxalique par une longue digestion. Traité avec de l'acide for-

(1) *Annal.*, vol. XXVI, p. 173.

mique, il se réduit en mousse de platine et il se dégage de l'acide carbonique tumultueusement et en telle quantité que l'on peut calculer très exactement d'après son volume la quantité de l'oxigène contenu dans l'oxidule. 8 gr. de cet oxide desséchés à + 100° c., étant réduits par l'acide formique, portés peu à peu jusqu'à l'ébullition, donnent 2,97 pouces cubes corrigés d'acide carbonique. La moitié de l'oxigène appartient à l'oxidule de platine et forme ainsi 1,485 pouces cubes ou 0,6237 grains. Par conséquent 100 parties d'oxidule doivent contenir 7,796 parties d'oxigène et 92,204 de métal. D'après Berzélius, l'oxidule de platine contiendrait 7,60 d'oxigène. Cette différence des chiffres provient vraisemblablement de ce que l'oxidule que j'ai examiné (et seulement une fois) contenait un peu d'oxide, ou bien de ce que l'oxidule de Berzélius contenait encore du chlore, comme Liebig l'assure (*Annalen der Physik*, 28 vol., 180.)

OBSERVATIONS *sur un Dégagement considérable de Gaz hydrogène sulfuré d'un Puits artésien percé à Gajarino, près Conegliano, gouvernement de Trieste; mai* 1833.

PAR M. HÉRICART DE THURY.

M. le comte di Porcia, voulant introduire dans le royaume lombard-vénitien l'usage des puits forés et les employer pour les irrigations, fit chercher un fontai-

nier-sondeur. N'ayant pu en trouver aucun en Italie (1), il fit venir de France, d'Angleterre et d'Allemagne les meilleurs traités publiés dans ces divers pays sur la sonde et sur l'art du fontainier-sondeur.

Après avoir étudié ces traités, il fit faire sous ses yeux un grand appareil de sondeur avec tous les instrumens de sondage, puis il les fit manœuvrer lui-même, afin de pouvoir former des sondeurs.

Enfin, quand il crut ses ouvriers en état de faire un sondage, il leur fit entreprendre un puits foré à Gajarine, district de Conegliano, dans le jardin de la villa de son père, le prince di Porcia, gouverneur de Trieste.

En attendant que M. le comte di Porcia puisse nous donner une description détaillée de ses opérations et des expériences qu'il a faites dans le percement de son puits foré, en voici une notice qui mérite de fixer l'attention des savans, à raison du phénomène qu'elle nous fait connaître.

M. le comte di Porcia commença le percement de son puits foré au mois de septembre 1832.

Divers accidens le forcèrent de changer de place, et même de recommencer entièrement ses travaux. D'autres accidens l'obligèrent à faire divers changemens et modifications aux instrumens qu'il avait fait faire d'après les figures des traités et les descriptions de la sonde.

Enfin, un accident d'un autre genre vint encore l'ar-

(1) Lorsque le grand-duc de Toscane voulut faire un puits foré dans ses jardins de Florence, il fut obligé de faire venir un sondeur français, dont les travaux furent heureusement couronnés d'un plein succès.

rêter dans ses travaux. Les buses ou tuyaux de fonte qu'il avait fait venir d'Allemagne pour tuber son puits crevèrent ou s'écrasèrent lorsqu'on voulut les enfoncer.

Malgré les difficultés et ces divers accidens, rien ne put décourager M. le comte di Porcia. Il persévéra, il continua ses travaux, il voulait en venir à ses fins. Il voulait obtenir de l'eau jaillissante. Il parvint à en avoir, mais elle fut accompagnée d'un phénomène curieux et des plus extraordinaires.

En vingt jours le forage descendit à 20 mètres, savoir :

1° Terre végétale, sable, gravier..........	1,58.
2° Couches d'argile variées...............	5,06.
3° Banc de sable, gravier et sable argileux.	13,50.
Total	20,14.

Le 28 mars dernier, on remplaça toutes les buses de fonte par des tuyaux de fer battu de $1^{m},27$ de longueur, sur $0^{m},16$ de diamètre, s'emboîtant parfaitement les uns dans les autres, et même si exactement que les coups réitérés du mouton employé pour les enfoncer ne purent leur faire perdre leur verticalité. Le placement de ces tuyaux fut cependant très difficile, à cause d'un lit de gros galets siliceux qu'il fallut traverser.

A cette profondeur de $20^{m},14$, on trouva un banc de galets ou de graviers serrés et agglutinés par un ciment siliceux très dur. Son percement présenta les plus grandes difficultés. Ce ne fut qu'après un travail forcé de trois jours et 20,14

20,14

De l'autre part... 20,14

trois nuits, pendant lesquels on ne cessa de battre et de piler ce banc de galets qu'on le perça entièrement. Il avait 0 ,31............. 0,31

Au-dessous la sonde entra dans une couche de sable argileux de 1^m,82 d'épaisseur....... 1,82

22,27

A cette profondeur de 22^m,27, M. le comte di Porcia voulut placer de nouveaux tuyaux de fer battu, mais ils se trouvèrent d'un plus fort diamètre que les autres. Ne pouvant les enfoncer et voulant d'ailleurs hâter son percement, il se décida à le poursuivre, sans tuber, les sables argileux étant assez fermes et assez compactes pour se soutenir.

Au-dessous de ce sable argileux, on perça 5^m,73 de masse d'argile formée de différens bancs variés de couleurs plus ou moins tranchées........................ 5,73

Profondeur 38,00

Le 23 mai, on était à cette profondeur de 28 mètres, lorsqu'au coucher du soleil, en remontant la sonde, on entendit, quand elle fut à la hauteur de 23 mètres environ, conséquemment au-dessus de la grande masse, on entendit dans les tuyaux un bruit extraordinaire, très violent, et au même moment on vit surgir à la surface de la terre, et s'élever à deux mètres de hauteur un jet de boue sableuse et liquide. Ce jet, qui s'éleva avec impétuosité, était accompagné d'une odeur sulfureuse

et fétide. Il dura quelques minutes, après quoi l'eau reprit son niveau ordinaire. A quelques mètres au-dessous du sol, le bruit continua cependant à se faire entendre dans les tuyaux ; mais, tout occupé de l'approfondissement de son puits et d'arriver promptement à une nappe d'eau jaillissante, M. le comte de Porcia y fit peu d'attention.

Dans la nuit, on continua le percement du banc d'argile, et toutes les fois qu'on remontait la sonde, ce même bruit se renouvelait, lorsqu'elle arrivait à cette hauteur de 23 à 24 mètres, et il s'échappait de la base un vent violent semblable à celui d'une trompe ou d'une grosse soufflerie.

Le 24 mai, au point du jour, l'eau s'étant abaissée dans les tubes, M. le comte di Porcia essaya de reconnaître la nature du courant d'air qui sortait du puits avec une certaine force. A cet effet, il approcha une lumière de l'ouverture du tube, aussitôt le gaz s'embrasa avec violence, en formant une flamme de plus de deux mètres de hauteur sur le tuyau. Cette flamme brûla avec ardeur pendant quelques minutes, puis elle diminua peu à peu et s'éteignit; alors le bruit cessa dans les tuyaux.

Le même jour, vers les midi, un jet d'eau et de sable argileux ou plutôt de boue liquide surgit tout d'un coup spontanément avec une force extraordinaire à plus de 5 mètres de hauteur au-dessus du terrain, puis ce jet diminua, il s'affaiblit peu à peu et cessa même entièrement après quelques minutes.

N'entendant plus de bruit dans les tuyaux, M. le comte di Porcia les examina. Ils étaient obstrués de

erre, de sable et de gravier ; il y fit descendre la sonde et l'on parvint, mais non pas sans peine, à les désobstruer et à les vider jusqu'au fond du puits.

Toutes les fois que l'on remontait la sonde, son mouvement déterminait le même phénomène d'un jet d'eau boueuse de cette profondeur de 23 à 24 mètres, avec un violent dégagement de gaz hydrogène sulfuré, et peut-être *proto-carburé*, dit M. di Porcia. A l'inflammation il produisait les mêmes effets que dans la première expérience; mais on remarquait cependant qu'ils étaient d'autant plus prononcés ou d'autant mieux caractérisés que la sonde avait été descendue plus bas, ainsi la flamme s'élevait plus haut, et la colonne d'eau ou de boue liquide était plus abondante et plus violente dans son surgissement, lorsque la sonde avait travaillé au fond du puits.

Enfin le 27 mai au soir, ayant voulu faire voir à plusieurs de ses amis réunis à Gajarine ce singulier phénomène, M. le comte di Porcia fit descendre la sonde jusqu'au fond du puits. Il avait alors 46 mètres de profondeur. Il fit manœuvrer la sonde au fond de la masse d'argile, et lorsqu'on l'enleva, il surgit tout d'un coup avec une extrême violence, à plus de dix mètres de hauteur, une flamme de plus de deux mètres de largeur, avec un mélange d'eau, de sable, de gravier et d'argile.

Dans cet état, dit M. le comte di Porcia, le phénomène de cette éruption boueuse et enflammée offrait le spectacle le plus curieux, le plus extraordinaire, mais aussi le plus effrayant que l'on pût voir.

Ce cône de feu dura à la hauteur de dix mètres pendant plus d'un quart d'heure, mais le jet de boue li-

quide s'affaiblissant peu à peu, la flamme s'abaissa successivement dans la même proportion. Cependant elle dura encore plus de deux heures, à deux mètres au-dessus du tuyau avec un éclat des plus vifs et des plus brillans.

Telles sont les premières observations de M. le comte di Porcia sur cet étrange phénomène qu'il s'est empressé de nous faire connaître, en nous priant de les soumettre au jugement et aux réflexions des savans.

Quelles en sont les causes premières, nous demande-t-il? Quelle en sera la durée? Sera-t-il possible d'en tirer parti, soit pour la science, soit pour les arts? Que dois-je faire? Quelles précautions ai-je à prendre pour continuer mon puits foré? Puis-je enfin me flatter d'obtenir de l'eau jaillissante?

Observations.

Le dégagement du gaz hydrogène sulfuré dans les puits forés n'est pas un fait nouveau pour nous. La présence de ce gaz a été fréquemment constatée dans les puits artésiens faits aux environs de Paris. Elle l'a même été, il y a déjà long-temps, dans le percement des puits ouverts dans les marnes noires ou noirâtres de la partie inférieure de la grande masse de plâtre de la butte Chaumont. Le gaz hydrogène sulfuré y est si abondant que les plâtriers ont désigné ces marnes sous le nom de *foie de soufre* et qu'ils sont obligés d'établir un puits d'aérage pour pouvoir continuer leurs travaux lorsqu'ils pénètrent au-dessous de ce banc.

Le puits artésien qui fut essayé à Cormeilles, il y a

plusieurs années, présenta un dégagement si considérable de gaz hydrogène, lorsque la sonde fut descendue dans la marne argileuse inférieure à la masse de plâtre, que les ouvriers en furent incommodés, et qu'on eut beaucoup de peine à leur faire reprendre les travaux qu'ils voulaient abandonner. Ce puits présenta plus tard une autre particularité qui fit même renoncer à son approfondissement. A 60 mètres la sonde tomba subitement de cinq mètres de hauteur dans un vide ou chambre, dont la tarrière ne put rapporter aucune matière, et fut constamment remontée parfaitement lavée. Les ouvriers, d'après le mouvement d'oscillation qu'éprouvait la sonde, n'ont point douté qu'il ne fût dû à un courant souterrain très rapide.

Un sondage fait à Pantin a présenté les mêmes phénomènes, mais le dégagement du gaz hydrogène fut accompagné, disent les ouvriers, d'un *ronflement* qui les effraya au point de suspendre leurs travaux. Un chapeau qui fut mis sur l'ouverture de la base fut enlevé à plusieurs mètres de hauteur. Enfin les sondeurs comparèrent l'odeur de l'air qui s'échappait de ce puits aux émanations des bassins de Montfaucon.

Les divers puits forés établis autour de l'étang de Montmorency sont, comme celui d'Enghien, percés dans une masse de calcaire lacustre, d'où s'échappent des sources hydro-sulfureuses, dont les eaux déposent, dans leur cours, du soufre sur les pierres et les corps divers qui se trouvent dans le lit de ces ruisseaux. Les eaux des puits forés à St.-Ouen, à St.-Denis et dans les environs sont toutes plus ou moins sulfureuses et analogues à celles d'Enghien.

Ces divers exemples, que j'aurais pu multiplier, confirment l'exactitude des observations de M. le comte di Porcia dans le percement du puits artésien de Gajarine. Leurs phénomènes présentent d'ailleurs plus d'analogie entre eux qu'avec ceux des puits de feu des salines d'Ou-Ton-Kio, près de Kiating, en Chine, que nous avons décrit dans nos Considérations géologiques et physiques sur la cause du jaillissement des eaux des puits forés, d'après les lettres des missionnaires.

Sur *les Mouvemens de Rotation du Camphre*;

Par M. Charles Matteucci.

On connaît depuis long-temps les phénomènes que présente le camphre, lorsqu'on le met en contact avec l'eau, et plusieurs physiciens en ont fait l'objet de leurs recherches; mais si l'on est, en général, d'accord sur les circonstances principales de ces curieux phénomènes, il n'en est pas de même lorsqu'il faut en assigner les causes. Ainsi, l'on a dit qu'ils étaient dus tantôt à un développement d'électricité, tantôt à la dissolution du camphre, et enfin, à l'évaporation du camphre et de l'eau. Il est facile de démontrer qu'on ne peut attribuer la rotation à la dissolution du camphre dans l'eau, puisqu'il y a des corps bien plus solubles que le camphre et qui, placés sur l'eau, ne tournent pas. Rien

n'indique non plus un développement d'électricité ; et, dans ce cas même, on ne conçoit pas comment il pourrait produire cet effet. L'évaporation de l'eau ne doit pas davantage entrer dans l'explication du phénomène. C'est donc uniquement à l'évaporation du camphre et à sa dissolution dans les couches d'eau qui l'environnent, qu'on doit attribuer la cause de ce mouvement, et c'est cette opinion que je me propose de développer et d'appuyer.

Une substance qui imite bien les phénomènes du camphre, c'est le potassium jeté sur l'eau : dans ce cas, c'est au dégagement de l'hydrogène et de la vapeur d'eau qu'il faut rapporter le rapide mouvement qui se produit. Il est même possible d'imiter cette rotation d'une manière plus simple ; il suffit pour cela de jeter sur l'eau un petit charbon allumé, ou bien un fil métallique très fin et suspendu que l'on chaufferait d'avance. Le mouvement, dans ce cas, est produit simplement par la vapeur d'eau développée tout autour du corps flottant. C'est même dans cette hypothèse qu'on explique très aisément la suspension de cette rotation, lorsqu'on jette une goutte d'huile sur la surface de l'eau, ou lorsqu'on la couvre avec une lame de verre.

Voici maintenant les faits les plus convaincans en faveur de cette explication des mouvemens du camphre. J'ai pris un morceau assez gros de cette substance, afin que, mis sur l'eau, il ne pût se mouvoir que très lentement. J'ai placé ensuite le verre dans lequel se faisait l'expérience sous la cloche de la machine pneumatique, et j'ai fait le vide. J'ai alors observé que les mouvemens du camphre, d'abord presque insensibles, devenaient plus

rapides, et qu'ils s'arrêtaient lorsqu'on cessait de faire jouer la machine. En laissant rentrer l'air, la rotation a lieu encore pendant quelques instans, ce qui est dû sans doute à l'agitation que l'air produit en rentrant. Enfin, et c'est la preuve la plus irrécusable, j'ai observé ces phénomènes de rotation sur l'eau dans tous les corps volatils. J'ai pris de la râpure de liége, et je l'ai imprégnée d'éther sulfurique : placés sur l'eau, ces petits corps légers y tournaient très rapidement. Si l'on veut faire durer long-temps cette rotation, il suffit de faire plonger un fil d'un côté dans l'éther et de faire toucher son autre extrémité à la surface de l'eau, en ayant soin de le tenir plus long de ce côté ; l'éther descend comme par un syphon, et le mouvement se prolonge. Il est donc bien prouvé, ce me semble, que c'est aux courans des vapeurs des substances volatiles, qu'est due leur rotation. J'ajoute encore un mot sur le phénomène bien connu que présente un bâton de camphre plongé dans l'eau ; je veux dire celui de se couper précisément suivant la ligne qui touche la surface extérieure du liquide Il est aisé de prouver que de toutes les couches d'eau qui sont en contact avec le camphre, c'est dans la supérieure qu'a lieu la plus forte dissolution. En effet, le camphre se dissout en petite quantité dans l'eau, mais ce n'est qu'à la surface que le camphre dissous peut s'évaporer ; cette eau alors en dissout de nouveau, et ainsi de suite. En empêchant cette dissolution, le phénomène cesse de se produire. Si l'on place un bâton de camphre dans une dissolution concentrée de potasse et un autre dans de l'eau, ce dernier se trouve coupé au bout de trois ou quatre jours, et l'autre n'est point du tout attaqué.

Des *Huiles essentielles ;*

Par J.-P. Couerbe.

Lu à l'Académie des Sciences le 2 septembre 1833.

Un voyage que je dois faire dans le Midi m'oblige à donner dans ce moment l'esprit d'un travail que j'ai commencé sur les huiles essentielles.

L'analyse ultime de plusieurs essences ne me donnant pas des résultats nets et ne pouvant conduire à aucune théorie probable, j'ai pensé que ces corps pouvaient être évidemment complexes ; idée que j'ai émise d'ailleurs il y a quatre ans dans un mémoire qui porte pour titre : *Réflexions sur le principe volatil des matières organiques.*

La densité de la vapeur de ces huiles, que j'ai trouvée également variable selon les circonstances, m'a aussi raffermi dans mon opinion, et dès lors j'ai abandonné tout système pour me livrer à l'observation. Les recherches que j'ai faites jusqu'à présent me prouvent d'une manière assez claire que les huiles essentielles sont composées d'une huile inodore et d'un acide caractérisé principalement par l'odeur de l'huile elle-même et la saveur âcre et chaude qui est également commune aux huiles essentielles.

Ne voulant me borner ici qu'à l'annonce de mon travail, je me contenterai de dire à l'Académie que l'on peut parvenir à ce résultat en traitant les huiles volatiles par les alcalis caustiques et puissans, et par d'autres moyens que j'indiquerai dans le mémoire.

Les acides que l'on obtient sont quelquefois au nombre de deux, dont un est liquide et l'autre solide et cristallisé.

Dans le travail que je présenterai à l'Académie sur ces corps, je ne manquerai pas de faire connaître l'histoire de l'huile inodore et celle des acides qui lui sont unis et masqués par elle, et je considérerai les huiles essentielles sous un nouveau point de vue qui permettra d'admettre dans ces corps une certaine quantité d'oxigène quelque petite qu'elle soit. Enfin, je tâcherai de prouver que la base liquide (huile inodore) qui masque ces acides odorans, est tantôt un hydrogène carboné, tantôt un oxide ternaire (oxide d'hydrogène carboné) susceptible de modifications telles que l'on peut le transformer en une sorte d'éther.

Toutes les huiles essentielles ne présentent pas cependant le même phénomène, mais elles subissent néanmoins des modifications dignes de remarque. Ainsi l'huile essentielle de Cajeput, par exemple, que j'ai trouvée contenir un atome d'oxigène, traitée comme je l'ai indiqué plus haut, devient de plus en plus suave et finit par acquérir une odeur tellement analogue à celle du camphre qu'il est extrêmement facile de s'y tromper. Ce qui ne surprendra nullement, vu que l'huile de Cajeput que j'ai analysée ne diffère du camphre que par un demi-atome d'oxigène en plus, au point qu'on pourrait la considérer comme un semi-oxide de camphre. Ce ne sera pas probablement la seule huile essentielle soumise aux lois curieuses et inconnues des anomalies.

Plusieurs chimistes qui sont venus me voir dans le laboratoire ont été témoins de quelques-unes de mes expériences, et M. Bussy, il y a deux mois, n'a pu recon-

naître l'huile de térébenthine dépouillée de son acide.

Ces résultats, bien qu'encore imparfaits, ont paru assez importans, considérés sous le point de vue scientifique, pour que quelques personnes qui me portent intérêt, m'aient engagé à offrir à l'Académie les données principales du long travail que j'ai entrepris.

Sur *la Faculté que possèdent les Fleurs de Laurier Rose d'attraper les Insectes ;*

Par M. H. Braconnot.

La famille des apocynées qui comprend les lauriers roses renferme plusieurs genres, dont quelques-uns sont si extraordinaires par la configuration anomale, bizarre et parfois très compliquée des parties accessoires aux principaux organes de la génération, qu'on est loin d'être d'accord sur leur nature et leurs usages.

Plusieurs espèces de cette famille paraissent douées de la propriété d'attraper les mouches ; ainsi l'*apocynum androsæmifolium* a été appelé gobe-mouches parce que ces insectes attirés par le nectar situé au fond de la fleur y engagent leur trompe et ne peuvent plus l'en retirer quelques efforts qu'ils fassent. Les naturalistes ont expliqué cet effet par la contraction qui résulte de l'irritabilité des organes de la génération.

J'ai eu occasion d'observer aussi des mouches prises par les fleurs de l'*asclepias syriaca*, et tout récemment M. de Haldat nous a fait faire la même remarque à l'égard des fleurs du laurier rose ; mais ce physicien a cru devoir aussi attribuer le même effet à l'irritabilité.

J'ai été conduit à d'autres conclusions en examinant de près ce phénomène sur le laurier rose commun (*nerium oleander*), bel arbrisseau qui croît naturellement

dans la Grèce et dans plusieurs autres contrées voisines de la mer Méditerranée, toujours sur le bord des rivières et des ruisseaux, qui fut d'abord multiplié en Europe par le hollandais Brewerning, puis employé à la décoration de tous les jardins d'agrément.

En promenant ses regards sur cet arbuste, il n'est pas rare d'y voir plusieurs mouches prises par les fleurs. Si, après avoir cueilli ces dernières et que par une incision circulaire faite dans la partie moyenne du tube de la corolle, on se débarrasse de la plus grande partie de celle-ci, on aperçoit les étamines assez écartées les unes des autres à leur base, tandis que leur sommet est terminé par des anthères sagittées, conniventes, soudées au stigmate, et surmontées par un appendice filiforme velu.

C'est dans les interstices que les anthères laissent entre elles que l'on remarque la trompe des mouches évidemment collée latéralement de haut en bas dans environ la moitié de sa longueur par une humeur visqueuse sécrétée par le stigmate et agglutinant les grains de pollen. En effet, si on examine au microscope la trompe de l'une de ces mouches, on la voit enduite d'une multitude de petites sphères brillantes, parfaitement transparentes, qui ne sont que des grains de pollen liés entre eux par une matière glutineuse ; cette matière, qui contient de la résine et probablement du sucre, exsude bien réellement du stigmate ; car si on applique sur cet organe des mouches vivantes ou de petits fragmens de bois, ils y sont facilement retenus malgré les recousses qu'on peut leur imprimer.

Il suffit même de dégager une mouche qui vient de se prendre dans la fleur du nerium, et d'appliquer la lèvre de sa trompe sur un corps quelconque pour que de nouveau elle ne puisse plus s'échapper.

Parmi les diptères qui viennent se prendre dans les fleurs du laurier rose, c'est le plus ordinairement une petite mouche commune ; j'en ai quelquefois rencontré deux et même trois, prises dans la même fleur. D'autres fois j'en ai trouvé de bien plus grosses se débattant avec leurs ailes et employant toutes leurs forces

pour se tirer du piége sans y parvenir ; par exemple, la mouche à bec (*Rhingia rostrata*), ainsi que la mouche armée à ventre vert (*Stratiomis hydroleon*) toutes deux assez rares aux environs de Paris, d'après le témoignage de Geoffroy. Il paraît donc suffisamment démontré que ces insectes sont pris entre les anthères du nerium par un suc glutineux, de nature résineuse, exsudant du stigmate, et que l'irritabilité n'a aucune part dans ce phénomène. Au reste, diverses parties des plantes appartenant à d'autres familles sécrètent aussi un suc glutineux analogue; notamment le *Robinia viscosa,* le *Gysophila viscosa*, les feuilles florales de l'*Inula glutinosa*, etc. On a même donné le nom d'attrape-mouche à plusieurs espèces de *Lychnis* plus visqueuses que les autres et à la tige desquelles les mouches et autres insectes se prennent comme dans de la glu.

Il m'est arrivé aussi, mais plus rarement, de voir des mouches s'introduire dans la petite cage formée par la réunion des cinq filamens des étamines, et de ne pouvoir plus s'échapper.

Les fleurs du laurier rose renfermant des mouches m'ont offert une autre particularité. C'est qu'elles deviennent quelquefois le domicile de petites aranéides, lesquelles vont au-dessus du piége tendre leurs toiles horizontales qui leur tient lieu de plancher, et afin de se mettre à l'abri de la pluie ou de la chaleur, se construisent un toit en recourbant fortement avec leurs fils une ou deux divisions de la corolle. C'est ainsi que ces petits insectes, trop faibles pour aller à la chasse aux mouches ou pour lutter directement avec elles, trouvent dans la fleur du laurier rose tout ce qui est nécessaire à leur existence.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	MIDI. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	3 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 HEURES DU SOIR. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	THERMOMÈTRE. maxim.	minim.	ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
1	758,83	+20,7	40	757,64	+23,4	41	756,60	+24,7	40	755,09	+19,5	60	+25,6	+10,7	Nuages clairs.	E.
2	749,80	+23,8	40	748,20	+29,8	42	746,94	+25,0	60	746,20	+17,6	94	+29,8	+12,0	Nuageux.	S. O.
3	746,51	+19,0	45	746,48	+13,0	100	745,50	+18,7	65	747,86	+12,0	68	+18,7	+12,0	Forte averse.	S. O.
4	748,90	+18,3	60	749,14	+20,5	56	748,80	+19,3	58	748,05	+13,5	98	+20,5	+11,3	Très-nuageux.	S. O.
5	750,70	+18,7	60	751,72	+20,2	60	752,03	+21,0	57	753,83	+14,0	84	+21,0	+12,0	Nuageux.	O. S. O.
6	752,45	+21,5	40	752,14	+23,8	51	751,50	+26,0	47	752,40	+17,0	98	+26,0	+11,8	Nuageux.	S.
7	755,47	+20,0	55	756,36	+21,7	63	757,04	+24,7	54	760,03	+17,7	81	+24,7	+16,0	Quelques éclaircies.	N.
8	762,84	+19,5	59	763,37	+22,5	68	763,04	+22,3	59	764,04	+17,0	85	+22,4	+12,5	Très-nuageux.	N. E.
9	764,92	+19,9	40	764,72	+21,1	54	764,19	+21,9	52	764,40	+18,5	72	+21,9	+11,7	Nuageux.	N. O.
10	762,76	+22,5	40	761,42	+25,3	53	760,00	+25,9	52	757,50	+21,4	70	+25,6	+13,3	Beau.	E.
11	755,03	+24,2	55	755,48	+25,2	56	756,20	+22,7	50	758,32	+15,5	65	+25,2	+15,5	Nuageux.	S. O.
12	757,45	+18,3	50	756,70	+20,0	58	755,63	+19,5	55	754,84	+13,1	67	+20,0	+10,8	Nuageux.	O.
13	751,48	+20,0	42	749,96	+23,7	48	748,62	+23,5	48	745,70	+16,0	91	+23,7	+ 9,2	Nuageux.	S. O.
14	743,06	+17,8	65	743,50	+15,0	98	743,80	+19,3	68	747,25	+14,0	80	+19,8	+13,5	Forte averse et grésil.	S. O.
15	752,87	+19,0	50	754,33	+24,0	50	754,42	+22,4	49	755,87	+15,5	72	+24,0	+ 8,7	Très-nuageux.	S. O.
16	754,50	+21,5	57	754,76	+24,8	59	754,15	+25,0	63	754,32	+18,8	97	+25,0	+12,8	Gouttes d'eau.	S.
17	757,53	+20,2	45	757,25	+23,7	50	756,70	+23,7	50	758,00	+15,5	70	+23,7	+13,7	Nuageux.	O.
18	761,15	+19,8	50	761,30	+24,2	50	761,04	+23,0	50	760,84	+15,8	72	+24,2	+12,8	Très-nuageux.	O.
19	758,35	+22,7	40	757,18	+24,3	45	755,88	+23,7	44	754,74	+20,2	52	+24,5	+11,0	Nuageux.	E. S. E.
20	754,00	+24,5	45	753,45	+27,4	45	752,90	+26,0	50	755,85	+16,0	72	+27,4	+14,5	Nuageux.	S. O.
21	757,67	+19,8	50	757,70	+22,5	54	757,94	+23,3	50	758,48	+16,0	70	+23,2	+11,5	Nuageux.	N. O.
22	757,75	+19,8	75	757,77	+23,3	61	757,36	+22,5	57	756,40	+15,5	72	+23,3	+15,3	Très nuageux.	O.
23	750,70	+18,5	83	749,55	+16,7	99	748,36	+19,0	74	748,54	+16,0	84	+20,5	+14,2	Pluie abondante.	S. O.
24	750,12	+17,8	46	750,56	+20,5	46	750,54	+20,6	40	752,72	+14,5	72	+20,6	+12,0	Très-nuageux.	S. O.
25	753,50	+20,2	50	753,10	+23,9	45	752,06	+24,7	45	752,25	+18,0	82	+24,7	+12,2	Couvert.	S.
26	750,00	+18,8	82	749,32	+24,5	67	750,21	+24,0	75	751,90	+15,6	83	+24,5	+15,0	Nuageux.	S. S. E.
27	756,45	+18,5	40	757,12	+20,2	50	756,62	+22,2	45	756,60	+15,2	68	+22,2	+13,0	Nuageux	S. O.
28	753,35	+22,8	40	752,20	+25,0	44	750,92	+27,3	42	751,96	+21,0	52	+27,3	+13,5	Nuages clairs.	S. E.
29	754,52	+25,2	42	754,00	+26,7	49	753,40	+28,0	48	754,44	+21,2	75	+29,5	+17,5	Nuageux.	S. S. E.
30	757,45	+23,0	44	757,02	+24,5	53	755,95	+26,5	50	755,34	+19,3	70	+26,5	+15,0	Nuageux.	S. O.
1	755,32	+20,4	48	755,12	+22,1	59	754,56	+22,9	54	754,94	+16,8	81	+23,7	+12,3	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en cent.
2	754,54	+20,8	50	754,37	+23,3	56	753,93	+22,9	53	754,57	+16,0	74	+23,7	+12,3	Moyennes du 11 au 20.	Cour. 4,810
3	754,15	+20,4	55	753,83	+22,8	57	753,34	+23,8	53	753,86	+17,2	73	+24,2	+13,9	Moyennes du 21 au 30.	Terrasse. 4,635
	754,67	+20,4	51	754,44	+22,7	57	753,94	+23,2	53	754,46	+16,7	76	+23,9	+12,8	Moyennes du mois.	+ 18,4.

Mémoire *sur la Profondeur à laquelle se trouve la Couche de Température invariable entre les tropiques. Détermination de la Température moyenne de la zône torride au niveau de la mer. Observations sur le Décroissement de la Chaleur dans les Cordilières.*

Par M. Boussingault.

Lorsqu'on se livre, dans les régions équinoxiales, aux observations météorologiques, on est frappé du peu d'étendue des variations thermométriques. Dans les climats brûlans des côtes, comme sur les plateaux aériens des Andes, le thermomètre, dans une année entière, n'oscille que de quelques degrés autour de la température moyenne; néanmoins la détermination de la température moyenne d'un lieu, si facile à obtenir pour un observateur sédentaire, devient impraticable pour le voyageur qui ne fait que passer. Aussi, dans la plupart des cas, doit-il se contenter de nombres approchés qui, dans l'état progressif de la météorologie, ne présentent déjà plus qu'un faible intérêt pour la science.

Dans les deux dernières années qui précédèrent mon retour en Europe, en jetant un regard sur le passé, je voyais avec peine que, parmi les nombreux points dont j'avais fixé la hauteur au-dessus du niveau de la mer, il s'en trouvait seulement quelques-uns dont je possédais les élémens du climat moyen. Tout en reconnaissant l'intérêt que mes observations barométriques pour-

raient offrir à la géologie et à la géographie physique, je ne me dissimulais pas que, le plus souvent, la rapidité de mes marches, m'avait fait négliger une des questions les plus propres à piquer la curiosité du physicien qui porte ses instrumens dans les montagnes; celle du décroissement de la chaleur dans les Cordilières. Je sentis dès-lors l'importance qu'il y aurait à imaginer un moyen, à l'aide duquel un voyageur pût, dans un espace de temps très limité, se procurer la température moyenne d'une station dont il aurait déterminé l'élévation absolue.

En Europe, la température moyenne d'un lieu est donnée avec assez d'exactitude par la température constante des caves ou des puits; mais dans les Cordilières, il faut peu compter sur cette ressource, vu que souvent on peut faire plusieurs centaines de lieues avant de rencontrer une cave ou un puits. Les sondages pourraient être mis en usage pour obtenir la température moyenne, si la profondeur qu'il faut atteindre n'était déjà un grand obstacle pour un voyageur.

La profondeur à laquelle se trouve la couche de température invariable dépend de la grandeur des variations thermométriques qui ont lieu dans le cours d'une année. Ainsi, on conçoit que dans les latitudes élevées, cette profondeur soit considérable; à Paris, par exemple, M. Arago trouve qu'à 25 pieds au-dessous de la surface du sol, un thermomètre ne reste pas encore stationnaire. On conçoit encore que dans un climat constant cette profondeur soit déjà beaucoup moindre que dans un climat excessif; puisque si le climat d'un pays était absolument invariable, c'est-à-dire si la tem-

pérature de l'atmosphère pendant l'année entière, était tous les jours et à toutes les heures semblable, la température du sol serait évidemment égale à celle de l'air, de sorte que la profondeur à laquelle il serait nécessaire de descendre pour trouver la couche invariable serait exprimée par o. Or, le climat des régions équinoxiales étant éminemment constant, et s'approchant du cas hypothétique que je viens d'énoncer, on devait penser que la profondeur qu'il faudrait atteindre pour se procurer la température moyenne d'un lieu pourrait être tellement peu considérable, qu'il deviendrait facile d'employer le sondage pour la déterminer.

En 1830, durant ma résidence à la Vega de Zupia, je commençai une série d'observations dirigées vers cet objet. Les résultats auxquels je suis parvenu ont surpassé les espérances que j'avais conçues. En effet, il semble résulter de mes observations qu'un voyageur peut, en moins d'une heure, obtenir la température moyenne d'une ville, d'un village, en un mot d'un endroit habité, placé entre les tropiques, quelle que soit d'ailleurs l'élévation sur le niveau de la mer.

En Europe, les observations pour rechercher la couche de température invariable, au moyen du sondage, ont toutes été faites à ciel découvert; on n'a nullement cherché à se mettre à l'abri : de l'échauffement direct dû aux rayons solaires; du rayonnement nocturne; de l'action des eaux pluviales, action qui doit varier considérablement selon la plus ou moins grande porosité du terrain. Comme j'avais uniquement en vue de rendre le sondage applicable à la recherche de la température moyenne, il m'importait d'observer dans les conditions

les plus favorables à l'objet que je me proposais, et qui étaient celles qui pouvaient permettre d'obtenir cette température à la moindre profondeur possible. Pour éviter l'influence des causes perturbatrices que j'ai signalées tout à l'heure, j'ai toujours observé dans un endroit abrité, un rez-de-chaussée, une cabane d'Indien, un simple hangar. Un toit est un écran qui satisfait à la fois à toutes les conditions que je cherchais à remplir. Dans le village de Zupia, mon thermomètre était placé au rez-de-chaussée, dans un trou de 8 pouces pratiqué dans le sol ; ce trou avait un demi-pouce de diamètre. La maison était couverte de feuilles de palmier. L'instrument était muni d'un cordon qui permettait de le retirer pour le consulter. Lorsque le thermomètre était en expérience, on bouchait l'orifice du trou avec un morceau de carton sur lequel on appliquait une grosse pierre.

La température moyenne du village de Zupia avait été fixée à 21°,5 par de nombreuses séries d'observations thermométriques faites en 1825, 1826 et 1829. Zupia est élevé au-dessus de la mer de 1225 mètres.

Je rapporterai maintenant la marche du thermomètre au-dessous du sol, telle que je l'ai observée dans différentes localités.

Zupia 1830.		8 pouces sous terre.	Dans l'air.
Août le 3 à	9 h. m.	21°,4 c.	21°,7 c.
	10	21 ,4	22 ,2
	11	21 ,5	22 ,2
	1	21 ,5	23 ,8
	3	21 ,5	22 ,8

Zupia 1830.	8 pouces sous terre.	Dans l'air.
Août le 9 à 8 h. m.	21°,4 c.	20°,0 c.
midi	21 ,4	23 ,3
5	21 ,4	22 ,2
le 10 à midi	21 ,4	23 ,3
4	21 ,4	23 ,5
le 11 à midi	21 ,4	22 ,5
le 12 à 9 h. m.	21 ,3	20 ,5
midi	21 ,3	21 ,1
le 13 à 9 h. m.	21 ,3	20 ,6
3	21 ,5	22 ,6
4	21 ,3	23 ,9
le 15 à midi	21 ,3	22 ,8
le 16 à midi	21 ,3	22 ,8
3	21 ,3	22 ,3
le 18 à midi	21 ,3	24 ,4

La boule du thermomètre a été placée à un pied au-dessous de la surface du sol.

le 18 à 3 h. soir	21°,5	23°,4
4	21 ,5	22 ,3
6	21 ,5	21 ,7
9	21 ,5	22 ,2
le 19 à 9 h. m.	21 ,5	21 ,1
midi	21 ,5	21 ,7
2	21 ,5	22 ,8
3	21 ,6	22 ,2
6	21 ,6	22 ,2
le 20 à 11 h. m.	21 ,5	21 ,1
midi	21 ,5	21 ,7
3	21 ,5	22 ,2

Zupia 1830.	A 1 pied sous terre.	
Août le 21 à 3 h. s.	21 ,6	»
5	21 ,5	»
le 22 à 9 h. m.	21 ,5	»
3 h. s.	21 ,6	»

Pendant les mois de septembre, octobre et novembre, le thermomètre a toujours indiqué 21°,5.

Observations faites aux mines de Marmato.

Le thermomètre a été placé à 1 pied dans le sol, dans une salle basse de la maison du surintendant des mines. La température moyenne de cette maison déduite d'une année d'observations est de 20°,5. Elle est élevée au-dessus de l'Océan de 1426 mètres.

	Thermomètre sous terre.
Le 9 septembre 1830 à 11 h. m.	20°,5
1	20 ,5
3	20 ,5
le 10 à 8 h. m.	20 ,3
11	20 ,3
1	20 ,4
2	20 ,5
3	20 ,5

Observations faites à Anserma Nuevo.

Vallée du Cauca. Élévation, 1050 mètres.

Le thermomètre placé à 1 pied de profondeur dans le sol d'un rez-de-chaussée.

		Thermomètre sous terre.
Le 16 décembre 1830 à 8 h. m.		23°,8
	le 19 à 8 h. m.	23 ,7
	le 21 à 3 h. s.	23 ,7
	le 22 à 9 h. m.	23 ,7
	11	23 ,7
	9 h. s.	23 ,6
	10	23 ,6

Pendant les mois de janvier et février 1831, le thermomètre a toujours indiqué de 23°,6 à 23°,7.

Des observations faites par Caldas, dans voisinage d'Anserma, donnent à cette partie de la vallée du Cauca une température moyenne de 23°,8.

Observations faites au village de Puracé.

Dans la Troja del Cura, élevée de 2651 mètres au-dessus de la mer, le thermomètre a été placé dans le sol à 1 pied de profondeur.

		Therm. sous terre.	Therm. dans l'air.
Le 17 avril 1831 à 11 h. m.		13°,1	14°,8
	midi	13 ,1	15 ,7
	2	13 ,1	14 ,9
	4	13 ,1	14 ,2
	le 18 à 8 h. m.	13 ,1	14 ,0
	9	13 ,1	15 ,7

Observations faites à Popayan.

Cette ville est élevée de 1808 mètres sur le niveau

de la mer. Caldas donne à Popayan une température moyenne de 18°,7. Un thermomètre placé à 1 pied au-dessous de la surface du sol a constamment indiqué pendant dix jours 18°,2.

Pasto ; élévation, 2610 mètres.

Vers la fin de mai 1831, un thermomètre placé à 1 pied dans le sol est resté fixe à 14°,7. Caldas qui a fait un assez long séjour dans cette ville, lui assigne une température moyenne de 14°,6.

Quito ; élévation, 2914 mètres.

La température moyenne de Quito a été fixée par deux observateurs établis dans cette ville, MM. les colonels Hall et Salaza ; leurs observations ont été faites avec le plus grand soin, et en employant d'excellens instrumens dont j'ai eu l'occasion de constater l'exactitude.

Le thermomètre était observé au lever du soleil et à 2 heures après midi.

Observations de M. le colonel Hall.

		Température moyenne.
1825.	Juillet,	16°,5
	Août,	16 ,7
	Octobre,	15 ,1
1826.	Février,	15 ,9
	Mars,	15 ,7
	Avril,	15 ,5
	Mai,	15 ,4
	Juin,	14 ,1
	Août,	16 ,0
	Septembre,	16 ,4

		Température moyenne.
	Octobre,	15 ,7
	Novembre,	15 ,7
	Décembre,	14 ,8
1827.	Janvier,	15 ,3
	Février,	16 ,5
	Mars,	15 ,2
	Avril,	15 ,2

Observations de M. Salaza.

		Température moyenne.
1827.	Juillet,	13°,7
	Août,	15 ,5
	Septembre,	16 ,2
	Octobre,	15 ,8
	Novembre,	15 ,0
	Décembre,	16 ,9
	Janvier,	14 ,4
	Février,	15 ,9
	Mars,	15 ,8
	Avril,	15 ,7
	Mai,	16 ,4
	Juin,	15 ,9

Ces observations donnent une température moyenne de 15°,55.

Pendant mon séjour à Quito, j'engageai M. Salaza à suivre la marche de son thermomètre mis à 1 pied au-dessous de la surface du sol. Les observations furent faites dans une salle basse.

MOIS.	DATES.	THERMOMÈTRE.			
		à 7 h. m.	à 11 h.	à 2 h.	à 4 h.
Septembre 1831.	26	15°,5	15°,5	15°,5	15°,5
	27	15 ,5	15 ,5	15 ,3	15 ,5
	28	15 ,3	15 ,5	15 ,5	15 ,5
	29	15 ,5	15 ,5	15 ,5	15 ,5
	30	15 ,5	15 ,5	15 ,5	15 ,5
Octobre.	1	15 ,3	15 ,5	15 ,5	15 ,5
	2	15 ,5	15 ,5	15 ,5	15 ,5
	3	15 ,4	15 ,5	15 ,4	15 ,5
	4	15 ,5	15 ,5	15 ,5	15 ,5
	5	15 ,5	15 ,4	15 ,5	15 ,5
	6	15 ,5	15 ,5	15 ,5	15 ,5
	7	15 ,4	15 ,5	15 ,5	15 ,5

Les observations que je viens de rapporter établissent, ce me semble, d'une manière certaine que la température moyenne d'un lieu abrité situé entre les tropiques, est donnée par la température du sol prise à 1 pied de profondeur.

Une fois que j'eus reconnu la possibilité d'obtenir, par un moyen aussi prompt que facile, la température moyenne d'un lieu, j'emportais dans mes voyages un fleuret de mineur, à l'aide duquel je pratiquais aisément dans le sol un trou d'un pied de profondeur; je pus ainsi déterminer la température propre à un grand nombre d'endroits habités dont je mesurais en même temps l'élévation absolue. Dans ce genre de recherches, je n'éprouvai qu'un désagrément, ce fut de passer pour un chercheur de trésors cachés, un *guaquero*. Les Américains donnent ce nom à des hommes qui se livrent avec plus ou moins de succès à la recherche des anciens

tombeaux d'Indiens, dans lesquels on rencontre quelquefois une valeur considérable en ornemens d'or. Mes observations sont comprises entre le 11[e] degré de latitude boréale et le 5[e] degré de latitude australe. Dans le sens vertical, j'ai été assez heureux pour porter mes instrumens jusqu'à la hauteur de 6000 mètres. Mais avant de faire connaître les faits que j'ai recueillis sur le climat des différens étages des Cordilières, je discuterai les observations faites, tant sur les côtes du grand Océan que sur celles de la mer des Antilles, dans le but de fixer aussi exactement que possible la température moyenne de la zône torride au niveau et sur les bords de la mer.

De la température des côtes dans le voisinage de l'équateur.

Les premières notions précises que nous ayons eues sur la température moyenne des régions équinoxiales sont dues à M. de Humboldt, et bien que ce célèbre voyageur n'ait peut-être pas réuni lui-même un nombre suffisant d'observations, il sut discuter avec une telle sagacité les données qu'il avait pu se procurer, que le nombre 27°,5 qu'il en a déduit me paraît approcher infiniment de la vérité. Kirwan, comme on sait, avait admis près de 29° et plus récemment M. Brewster, dans sa formule climatérique, adopta 28°,2. Un autre savant anglais, M. Atkinson, en soumettant au calcul les propres observations de M. de Humboldt, arrive à trouver 29°,2 pour la température moyenne de l'équateur. Cette température est certainement trop élevée ; toutefois je

ne pense pas qu'on puisse exprimer par un seul nombre la température moyenne de la zône équatoriale. Les circonstances locales modifient tellement le climat de cette zône, que souvent deux points très rapprochés possèdent des températures qui diffèrent de près d'un degré centigrade. C'est ce qui ressortira des observations que je vais faire connaître. Je suis redevable d'une partie de ces observations aux franches communications de mon ami le colonel Hall, qui, durant la guerre de l'Indépendance, trouva le moyen de donner quelques momens à la science.

Côtes baignées par la mer du Nord.

Cumana.

Tempér. moyenne 27°,5, selon M. de Humboldt.

La Guayra.

Dix jours d'observations donnèrent à ce port une température moyenne de 27°,0. La Guayra est située au pied d'une chaîne de montagnes élevées.

Rio Hacha.

Par 7 mois d'observations (décembre 1822 à juin 1823), M. Hall trouve 28°,1 pour la température moyenne de cette ville.

Santa-Marta.

En juillet 1832, j'ai pris la température de l'eau d'un puits, dans une maison placée au milieu de la ville.

Le 20, à 6 heures du soir, temp. 28°,6.

Le 21, à 6 heures du matin, temp. 28°,6.

La surface de l'eau se trouve à 5 mètres au-dessous du sol.

Barranquilla, bouches de la Magdalena.

M. Hall a déduit de deux mois d'observations la température de ce port de 27°,9.

Cartagena de Indias.

A Cartagena, on fait usage des eaux pluviales qui tombent pendant l'hivernage; ces eaux sont reçues et conservées dans de vastes citernes construites sous les maisons. En juillet 1832, j'ai trouvé la température de plusieurs de ces citernes de 27°,5.

Côtes de la mer du Sud.

Panama.

Par un mois d'observations, en septembre 1824, M. Hall croit devoir fixer la température moyenne de Panama à 27°,2.

Tumaco.

En février 1832, un thermomètre placé à 1 pied dans le sol d'une cabane, a marqué 26°,1. Tumaco fait partie du Choco, le pays qui l'environne est humide et très boisé.

Esméraldas.

Des observations faites en juin 1828 donneraient 26°,4 pour la température de ce village. Esméraldas est situé sur les bords de la rivière de ce nom; le pays est boisé et humide.

Guayaquil.

En janvier 1832, un thermomètre mis à 1 pied dans le sol d'un rez-de-chaussée, a indiqué 26°. M. Hall, par 6 mois d'observations, croit pouvoir assigner à ce port une température moyenne de 25°,6. Guayaquil, situé sur les bords du Guayas, est environné de forêts et de marécages.

Payta.

Un thermomètre placé à 1 pied sous terre dans le sol d'une maison située près du bord de la mer, a indiqué, en janvier 1833, 27°,1. Payta se trouve sur un terrain sablonneux, privé d'eau et de végétation; il n'y pleut jamais.

On peut résumer ces différentes observations dans le tableau suivant :

PORTS.	LATITUDE.	TEMPÉR. MOY.	REMARQUES.
Cumana,	10° 27′ N.	27°,5	Pays sec, peu boisé.
La Guayra,	10° 37′ N.	27 ,5	Montagnes arides.
Rio Hacha,	11° 40′ N.	28 ,1	
Santa-Marta,	11° 15′ N.	28 ,5	Pays très aride.
Barranquilla,	11° 0′ N.	27 ,9	*id.*
Cartagena,	10° 25′ N.	27 ,5	Pays marécageux.
Panama,	8° 58′ N.	27 ,2	
Tumaco,	1° 40′ N.	26 ,1	Très boisé, très humide.
Esmeraldas,	0° 55′ N.	26 ,4	*id.*
Guayaquil,	2° 11′ S.	26 ,0	*id.*
Payta,	5° 5′ S.	27 ,1	Très sec.

On peut donc établir que la température moyenne de la zône torride varie de 26° c. à 28°,5. L'abondance des forêts et l'humidité qui en résulte tend à refroidir le climat d'un pays, tandis que la sécheresse et l'aridité, qui en est une conséquence, tend au contraire à en augmenter la chaleur. Rien n'est aussi propre à faire ressortir cette vérité, que le climat d'une partie de la côte baignée par la mer du Sud. Depuis la baie de Cupica jusqu'au golfe deGuayaquil, le pays, recouvert de forêts immenses, est sillonné par de nombreuses rivières; les pluies y sont presque continuelles; la température

moyenne de cette contrée humide s'élève à peine au-dessus de 26° c. A partir de Tombez, le terrain devient d'une aridité remarquable ; à Payta commencent les déserts de sables de Piura et de Sechura ; à l'humidité constante du Choco succède presque subitement une sécheresse extrême, et la température moyenne de la côte s'accroît aussitôt de 1° c. Dans ce qui précède, j'ai seulement cru devoir considérer les lieux situés au bord de la mer. Dans l'intérieur des terres, la température augmente d'une manière sensible. Malheureusement, nous ne possédons, pour la bande équatoriale du continent américain, aucune observation faite dans les plaines placées à l'est des Cordilières. Cependant, en considérant seulement la vallée supérieure de la Magdalena, on trouve que, malgré une élévation de plus de 200 mètres, la température moyenne de cette vallée est encore égale à celle de Cartagena et supérieure par conséquent à celle de Guayaquil et de Tumaco.

Températures moyennes prises à différentes hauteurs dans les Cordilières.

Lorsqu'on s'élève dans l'atmosphère, la température décroît avec rapidité. Les lieux situés dans les montagnes possèdent un climat d'autant plus rigoureux, qu'ils sont placés à une plus grande élévation. Sous l'équateur même, la hauteur modifie tellement le climat, que la métairie d'Antisana, dont la latitude n'atteint pas 1° sud, mais qui est élevée de plus de 4000 mètres, présente une température moyenne qui ne diffère pas sensiblement de celle de Saint-Pétersbourg. Près de là,

mais encore plus haut, le sommet du Cayambe, recouvert d'une immense plaine de neige, est traversé par la ligne équinoxiale.

Le froid qui règne sur les hautes montagnes a donné naissance à une foule d'hypothèses. Aujourd'hui les physiciens l'attribuent à l'effet simultané de plusieurs causes; la plus influente serait la grande capacité pour la chaleur, acquise par l'air des régions basses, lorsqu'en s'élevant il vient à se dilater dans les régions élevées. On pense aussi que la radiation nocturne doit s'exercer avec plus de liberté, et partant, avec plus d'intensité au milieu d'une atmosphère raréfiée. Cependant, en me bornant toutefois aux observations qui me sont propres et que j'ai faites dans les Cordilières, je crois que cette cause de refroidissement n'est pas sensiblement plus énergique que dans les plaines. Quelques personnes sont aussi d'opinion que le froid des hautes montagnes est occasioné, en partie du moins, par la plus grande distance du feu central. Cette manière de penser n'a rencontré, j'imagine, que fort peu de partisans. Des expériences sur la température des mines de Marmato, dans la Nouvelle-Grenade, semblent indiquer que cette cause n'a pas d'influence appréciable.

La montagne métallifère de Marmato est tellement escarpée qu'on peut la considérer comme un énorme mur de syénite-porphyrique. A différentes hauteurs, on pénètre dans son intérieur par des galeries horizontales. Dans une de ces galeries, celle nommée la Cruzada, le sol possède une élévation absolue de 1460 mètres, la température moyenne de l'entrée de la galerie est de 20° c.; en avançant vers son intérieur, on observe un

accroissement de température d'environ 1° pour une longueur de 33 mètres; je dis environ, parce que cet accroissement n'est pas régulier, il paraît subordonné à l'épaisseur de la roche qui recouvre la galerie; il varie, pour ainsi dire, avec le relief de la surface du terrain. Néanmoins, lorsque j'habitais ces mines, les ouvriers se trouvaient déjà plongés dans une atmosphère dont la température approchait de celle qui est propre au niveau de la mer.

Les observations recueillies à la Nouvelle-Espagne par M. de Humboldt sont bien plus frappantes encore. Les mines de Guanaxuato ont une température moyenne à leur surface qui peut être évaluée à 16°. Les mineurs, qui travaillent dans ces mines à une profondeur de 522 mètres, sont déjà exposés à une chaleur de 36°,8; cependant ils sont encore à plus de 1500 mètres au-dessus du niveau de l'Océan.

Les lieux qui font partie d'une chaîne de montagnes possèdent souvent, à élévations égales, des climats assez différens. La température qui serait propre à une station parfaitement isolée est nécessairement modifiée par une foule de circonstances qu'il est facile d'énumérer. Ainsi le rayonnement des plateaux échauffés, la nature du terrain, l'abondance des forêts, l'humidité ou l'aridité du sol, le voisinage des glaciers, l'accumulation des nuages, etc., etc., sont autant de causes qui tendent à modifier le climat des lieux fixés sur la masse solide du globe. Dans les Cordilières, on a remarqué que les habitations, qu'on rencontre ordinairement sur les bords des plateaux, ont un climat plus froid que les villages de l'intérieur. Facatativa, par exemple, situé à l'extrémité O

de l'esplanade de Bogota, a une température de 13°,1 c., tandis que celle de Santa-Fé, à la même hauteur, mais placée à 21 milles dans l'intérieur, est déjà de 14°,3.

Je terminerai ce mémoire en présentant un tableau des températures moyennes des lieux placés à différentes hauteurs dans les Cordilières intertropicales. J'ai cru devoir indiquer la nature géologique du terrain et l'aspect physique du pays. On remarquera que les contrées sèches et arides sont, à hauteur égale, plus chaudes que celles qui sont entourées de forêts. C'est pour cette raison que Quito, Rio-Bamba, Latacunga, Ambato, quoique plus élevées que Santa-Fé, Puracé, Santa-Rosa, Paispamba, possèdent néanmoins un climat plus doux.

La constitution géologique du pays ne paraît pas avoir une influence marquée sur le climat; le voisinage même des volcans en activité ne semble pas affecter la température de la surface du sol. Ainsi, Puracé, Pasto, Cumbal, qui sont dominées par des volcans enflammés, ont une température qui n'est pas plus élevée que celle de Bogota, de Santa-Rosa de Osos, du Paramo de Hervé, endroits placés sur des terrains qui ne sont nullement volcaniques.

Pour la température de la limite inférieure des neiges sous l'équateur, j'ai adopté le nombre 1°,5 c. donné par M. de Humboldt. Dans l'espoir de recueillir des données sur la température des glaciers, j'ai exécuté plusieurs ascensions. Sur l'Antisana, à la hauteur de 5460 mètres, je découvris une caverne percée dans la glace; le sol de cette grotte était trop meuble pour s'y aventurer seul et sans être attaché. Un Indien qui m'avait accompagné aurait pu m'être de quelque secours,

mais il fut subitement atteint de vertiges, son pouls battait avec une fréquence extraordinaire; son visage était pourpre, ses yeux hagards. Je plaçai mon thermomètre dans un trou de 14 pouces de profondeur, percé dans la glace à l'entrée de la caverne; je trouvai la température de cette station de — 1°,7. Le thermomètre à l'ombre indiquait au même instant 0°.

Je me proposais de revenir sur l'Antisana, et de faire des tentatives pour pénétrer dans la caverne, mais le soir même j'étais aveugle; mon Indien, un nègre qui portait le baromètre, le colonel Hall, qui était resté sur la *Plaza neoada*, éprouvèrent le même accident.

Après ma guérison, je fis encore quelques excursions sur les glaciers, mais sans être assez heureux pour rencontrer, comme sur l'Antisana, un endroit propre à déterminer la température moyenne. Le 16 décembre 1831, je parvins sur le Chimborazo, à la hauteur de 6000 mètres, la neige était en fusion, l'eau qui en résultait mouillait à une certaine profondeur la neige poreuse qui recouvrait la roche sur laquelle nous nous trouvions. Aussi, à 1 pied de profondeur, le thermomètre indiqua-t-il 0°, comme à la surface. La température de l'air à l'ombre d'un rocher de trachyte était de 7° c.

A cette énorme élévation, nous n'éprouvâmes aucun des accidens auxquels sont exposés les voyageurs qui s'élèvent sur les montagnes, accidens que nous avons ressenti nous-mêmes sur les glaces du Cotopaxi. Mon pouls, comme celui de M. Hall, qui cette fois voulut encore partager mes dangers, battait 106 pulsations par minute.

LOCALITÉS (1).	ÉLÉVATION.	TEMPÉR. MOYENNE.	NATURE du TERRAIN.	REMARQUES GÉNÉRALES.	OBSERVATEURS.
Cumana,	0m	27°,5		Terrain aride, mer du Nord.	De Humboldt.
La Guayra,	0	27 ,0	Micaschiste,	Au pied de montagnes élevées.	Rivero et Boussingault.
Rio-Hacha,	0	28 ,1	Alluvions,	Sables.	Colonel Francis Hall.
Santa-Marta,	0	28 ,5	Schiste amphib.,	Sol couvert de sable blanc.	Boussingault.
Barranquilla,	0	27 ,9		Bouches de la Magdalena.	Hall.
Cartagena,	0	27 ,5	Conglom. madrép.,	Pays marécageux.	Boussingault.
Panama,	0	27 ,2	Micaschiste,	Assez boisé, mer du Sud.	Hall.
Tumaco,	0	26 ,1	Alluvions,	Très boisé, très humide.	Boussingault.
Guayaquil,	0	26 ,0	*Id.*	Très humide, couvert de bois.	*Id.*
Payta,	0	27 ,1	Calcaire tertiaire,	Pays très sec, il n'y pleut jamais.	*Id.*
Esmeraldas,		26 ,4	Alluvions,	Forêts étendues.	Hall.
Barranca Nuevo,		27 ,6	*Id.*	Bords de la Magdalena.	Boussingault.
San-Carlos,	169	27 ,5	Grès,	Venezuela, plaines étendues.	Rivero et Boussingault.
Novita, Choco,	180	26 ,1	Alluvion platinifère,	Forêts, rivières nombreuses.	Boussingault.
Honda,	208	27 ,7	Grès,	Bords de la Magdalena.	*Id.*
Giramena,	216	27 ,2	*Id.*	Steppes du Meta.	Nivero, Roulin et Boussing.
Tomependa,	390	25 ,8		Rivière des Amazones.	De Humboldt.
Cayma,	393	27 ,7	Alluvion,	Magdalena, pays défriché.	Boussingault.
Estanque,	426	26 ,8	Micaschiste, grès,	Rio Chama, Cacagual.	Hall.
San-Martin,	432	26 ,6	Grès,	Steppes du Meta.	Rivero, Roulin et Boussing.
Maracay,	439	25 ,5	Gneiss,	Lac Tacarigua, Venezuela.	Rivero et Boussingault.
Haguita, Choco,	465	26 ,1	Schiste argileux,	Forêts étendues.	Boussingault.
Valencia,	488	26 ,0	Gneiss,	Plaines étendues.	Rivero et Boussingault.
Neiva,	519	25 ,0		Bords de la Magdalena.	Caldas.
Barquisimeto	522	25 ,6	Alluvions,	Plaines arides.	Rivero et Boussingault.

Antioquia,	629	23 ,5	Syenite,	Vallée du Cauca.	Id.
Tocuyo,	629	24 ,4	Grès,	Venezuela.	Rivero et Boussingault.
Truxillo,	735	25 ,0	*Id.*	A la rivière, Venezuela.	*Id.*
Tambo de la Orqueta,	735	25 ,0	Schiste argileux,	Choco, pays boisé.	Boussingault.
San-Geronimo,	753	24 ,0	Syenite,	Pays montueux.	*Id.*
Truxillo,	832	24 ,0	Grès,	Au calvaire, Venezuela.	Rivero et Boussingault.
Villeta,	839	25 ,5	Schiste argileux,	Vallée étroite et aride.	Boussingault.
Chami, à la rivière,	901	22 ,5	*Id.*	Forêts du Choco.	*Id.*
Caracas,	936	21 ,9	Granite gneiss.,	Pays assez boisé.	Hall, Rivero et Bousssing.
Roldanillo,	958	24 ,4	Grunstein,	Vallée du Cauca.	Boussingault.
Cartago,	979	24 ,5	Grunstein, alluvion,	*Id.*	*Id.*
Buga,	985	24 ,4	Syenite, alluvion,	*Id.*	*Id.*
Toro,	989	24 ,4	Grunstein,	*Id.*	*Id.*
El Bordo,	1011	23 ,8	*Id.*	Vallée de Patia.	*Id.*
La Mojarra,	1018	24 ,6	*Id.*	*Id.*	*Id.*
Guaduas,	1022	23 ,8	Grès,	Vallée étroite.	*Id.*
La Plata,	1048	23 ,7			Caldas.
Anserma Nuevo,	1050	23 ,7	Micaschiste,	Plaines.	Boussingault.
Santa-Ana,	1058	22 ,0	*Id.*	Colline, forêts, près d'un glacier.	*Id.*
Llano grande,	1085	23 ,1	Alluvion,	Vallée du Cauca.	*Id.*
El Palo,	1111	23 ,3	*Id.*	*Id.*	*Id.*
Carache,	1177	21 ,3	Schiste, argil.,	Venezuela.	*Id.*
Juanambú,	1179	21 ,7	Porphyre, alluv.,	Province de Pasto.	*Id.*
Vega de Zupia,	1225	21 ,5	Syenite, porphyr.,	Pays humide et boisé.	*Id.*
Sombrerillo,	1271	20 ,6	Congl. ponceux,	Pays aride.	*Id.*
Ibagué,	1323	21 ,8	Granite,	Au-pied de montagnes élevées.	*Id.*
Hacienda del Rodeo,	1341	20 ,0	Grunstein,	Près Anserma, collines.	*Id.*
Arma,	1418	20 ,5	Syenite, porphyr.,	Pays boisé.	*Id.*
Marmato,	1426	20 ,4	*Id.*	Contrée boisée.	*Id.*
Mandiva,	1427	23 ,6	Grunstein,	Collines défrichées (douteuse).	*Id.*
La Canada,	1517	21 ,2	Congl. porphyr.,	Plateau près Juanambù.	*Id.*
La Orqueta,	1520	19 ,2	Syenite, porphyr.,	Forêts de Patia.	*Id.*
Medellin,	1547	20 ,5	*Id.*	Plateau étendu.	*Id.*
Merida,	1619	22 ,0	Grès,	Table assez étendue.	Rivero et Boussingault.
Cabullo, Venta,	1637	19 ,4	Grunstein,	Llanos de Quilichao.	Boussingault.
Rodeo, Zupia,	1709	19 ,2	Syenite, porphyr.,	Forêts.	*Id.*

(1) Ces localités sont toutes comprises entre le 11e degré de latitude N. O. et le 5e degré de latitude S.

LOCALITÉS.	ÉLÉVATION.	TEMPÉR. MOYENNE.	NATURE du TERRAIN.	REMARQUES GÉNÉRALES.	OBSERVATEURS.
Estrella, Antioquia,	1721m	18°,8	Syenite, porphyr.,	Pays montueux.	Restrepo.
Quinchia,	1776	18 ,8	*Id.*	Forêts.	Boussingault.
Anserma Viejo,	1788	17 ,5	*Id.*	*Id.*	*Id.*
Venta de Berruccos,	1789	17 ,8	*Id.*	*Id.*	*Id.*
Popayan,	1809	17 ,5	Trachyte,	Pays très montagneux.	*Id.*
Riosucio, Zupia,	1818	19 ,3	Syenite, porphyr.,	Domine le bassin de Zupia.	*Id.*
Ferme de Ortega,	1836	19 ,1	Trachyte,	Pays boisé, près Pasto.	*Id.*
Baños,	1909	16 ,7	*Idem.*	Forêts, près le Tunguragua.	*Id.*
Azufral du Quindiù,	1977	16 ,1	Micaschiste, trach,	Forêts.	*Id.*
El Cedrito, Hervé,	2001	19 ,5	Micaschiste,	Savanes.	*Id.*
Suatá,	2019	20 ,0	Calcaire noir,	Sol aride.	*Id.*
El Moral, Quindiù,	2033	18 ,0	Micaschite,	Collines défricheés.	*Id.*
Loxa, Pérou,	2090	18 ,0			De Humboldt.
Samenga,	2101	17 ,5	Trachyte,	Montagnes défrichées.	Boussingault.
Aguadas, Antioquia,	2198	16 ,5	Syenite,	Végétation active.	*Id.*
Zotara; Popayan,	2256	16 ,0	Trachyte,	Pays boisé.	*Id.*
Almaguer,	2260	17 ,0			De Humboldt.
Ibarra,	2276	17 ,2	Trachyte,	Sol aride.	Boussingault.
Pamplona,	2311	16 ,5	Granite,	Pays découvert.	Rivero et Boussingault.
La Baxa,	2353	15 ,0	Syenite, porphyr.,	Dans une gorge étroite.	Boussingault.
Alausi,	2430	15 ,0			De Humboldt.
Ubita, Socorro,	2435	16 ,5	Grès et calcaire,	Sec et aride.	Boussingault.
La Chorrera,	2493	16 ,1	Trachyte,	Sol aride, près Quito.	*Id.*
Sonson, Antioquia,	2535	14 ,0	Syenite,	Forêts.	*Id.*
Pelileo	2541	15 ,4	Schiste micacé,	Très aride, sables.	[illegible]

Chiquinquira,	2597^m	16°,0	Grès,	Plateau étendu.	*Id.*
Pasto,	2610	14,7	Trachyte,	Vallée entourée de forêts.	De Humboldt.
Cuenca,	2632	15,6	Grès,		Boussingault.
Paispamba,	2634	13,0	Trachyte,	Environné de forêts humides.	Rivero, Boussing. et Caldas.
Santa-Fé de Bogotà,	2641	14,5	Grès,	Plateau étendu.	Boussingault.
Puracé,	2651	13,1	Trachyte,	Sur la pente de la Cordilière.	*Id.*
Ambato,	2679	16,1	Sables volcaniques,	Terrain très aride.	*Id.*
Muechisa,	2701	13,5		Près Yacunquer, forêts.	Hall.
Guaranda,	2722	15,0	Micaschiste,	Pente vers Guayaquil.	Boussingault.
Santa-Rosa,	2744	14,4	Grès,	Plateau étendu.	*Id.*
San-Pablo,	2772	14,0	Trachyte,	Prairies.	*Id.*
Tunja,	2810	13,7	Grès,	Plateau étendu.	De Humdoldt.
Caxamarca, Pérou,	2860	16,0		Plateau aride.	Boussingault
Latacunga,	2861	15,5	Congl. ponceux,	Plateau aride, sablonneux.	*Id.*
Riobamba,	2870	16,4	Sol sabloneux,	Terrain stérile.	*Id.*
Quito,	2918	15,2	Trachyte,	Plateau étendu, peu boisé.	*Id.*
Tusa,	2943	11,0	*Id.*	Entouré de bois et de montagnes.	*Id.*
Chita,	2970	12,0	Grès et calcaire,	Entouré de hautes montagnes.	*Id.*
El Guavo, Riobamba,	2971	11,0	Trachyte,	Au pied du Chimborazo.	Hall et Boussingault.
Mucuchies, village,	2991	14,4	Grès,	Sierra de Merida, aride.	Boussingault.
Pucarà, près Ibarra,	2995	14,7	Congl. trachitique,	Plateau aride, sables blancs.	*Id.*
Tulcan, village,	3019	12,9	Trachyte,	Assez boisé.	Caldas.
Malvasas, Popayan,	3040	12,4	Micaschiste,	Végétation active.	Boussingault.
Tuqueres, village,	3107	10,0	Trachyte,	Terrain humide, Frelejon.	*Id.*
Piñantura, ferme,	3155	11,1	*Id.*	Au pied de la Cordilière,	*Id.*
Callo, ferme,	3160	12,2	*Id.*	Au pied du Cotopaxi, plaine aride.	*Id.*
Paramo de Hervé,	3167	10,3	Micaschiste,	Environné de forêts.	*Id.*
Vetas, village,	3218	9,5	Syenite, porphyr.,	Entouré de hautes montagnes.	*Id.*
Cumbal, village,	3219	10,7	Trachyte,	Plateau étendu.	*Id.*
Alto de Salaza,	3426	8,5	Grès,	Sommet de la Cordilière de Chita.	De Humboldt.
Los Paramos,	3500	8,5			Boussingault.
Lisco, ferme,	3549	8,9	Trachite,	Près Quito.	*Id.*
Pantano Vargas,	3672	8,3	*Id.*	Au pied du Tolima.	*Id.*
Métairie d'Antisana,	4072	4,4	*Id.*	Près Quito, table assez étendue.	*Id.*
Azufral de Juan,	4119	3,9	*Id.*	Pic de Tolima.	De Humboldt.
Limite des neiges,	4800	1,6			Boussingault.
Glacier d'Antisana,	5460	— 1,7			

Recherches *sur les Degrés successifs de Force magnétique qu'une Aiguille d'acier reçoit pendant les frictions multiples qui servent à l'aimanter;*

Par A. Quetelet.

I. *De l'objet de ce Mémoire.*

Des recherches nombreuses ont été faites à différentes époques sur l'aimantation des aiguilles et des barreaux d'acier; quelques unes sont dues à des physiciens célèbres. Cependant, malgré les savans écrits publiés sur cette matière, plusieurs questions restent encore à résoudre. Il en est une particulièrement qui m'avait arrêté dans une série de recherches que j'avais entreprises sur le magnétisme terrestre; j'en cherchai vainement la solution, soit dans les traités de physique, soit dans les ouvrages qui concernent spécialement l'aimantation. Cette question, qui a pour objet la détermination des degrés successifs de force qu'une aiguille d'acier reçoit pendant les frictions multiples qui servent à l'aimanter me parut assez intéressante pour me déterminer à essayer de la résoudre par des expériences directes.

Coulomb avait fait connaître, par des recherches très délicates, les différens degrés de force que présente dans toute sa longueur une aiguille après l'aimantation; il pouvait être curieux de rechercher ce qui se passe pendant l'aimantation même, de manière à connaître la

force magnétique d'un point déterminé d'une aiguille après un nombre donné de frictions.

La solution de la question que je viens d'énoncer et qui fait l'objet de ce Mémoire, m'a présenté de nombreuses difficultés tant dans la partie expérimentale que dans la recherche d'une formule qui pût exprimer fidèlement toutes les circonstances des observations. Il est bien difficile, en effet, que les frictions soient toujours parfaitement égales dans tout le cours des expériences et qu'on puisse éviter toutes les causes d'erreur. Ces recherches m'ont conduit à quelques autres résultats que je crois intéressans pour la théorie du magnétisme en général, et que je ferai connaître successivement.

La plupart de mes expériences ont été faites depuis plusieurs années; et même, en 1830, en passant par Paris pour me rendre en Italie, j'en communiquai les principaux résultats à M. Arago. Cet illustre physicien voulut bien en faire part à l'Académie des Sciences, dans la séance du 12 juillet. Je sentais néanmoins le besoin de revenir sur les observations de détail, et de confirmer encore quelques résultats par des expériences nouvelles. C'est l'ensemble de ce travail que je présente dans ce Mémoire. Dans le cours de mes premières observations, je ne m'étais occupé que de l'aimantation d'aiguilles d'acier de forme cylindrique et de 6 à 7 centimètres de longueur, semblables à celles dont les voyageurs se servent ordinairement pour la détermination du magnétisme terrestre. Je m'aperçus bientôt que cette forme convenait peu pour arriver au but que je me proposais d'atteindre. Je substituai donc à ces aiguilles des barreaux parallélipipédiques de différentes grandeurs,

dont les faces planes permettaient de faire les frictions avec plus de régularité.

La méthode d'aimantation que j'ai adoptée est celle du contact séparé; les deux barreaux glissans étaient inclinés sous un angle de 10 dégrés environ; les frictions avaient lieu en partant du milieu et en allant vers les extrémités de l'aiguille à aimanter. Toutefois, cette aiguille n'était point placée entre d'autres barreaux aimantés de crainte que le plus léger frottement sur les barreaux ne troublât son état magnétique.

Pour mesurer la force de l'aiguille après chaque friction, j'observais la durée de cent oscillations horizontales en la plaçant dans une petite chappe de papier suspendue à un fil de soie d'un décimètre de longueur environ et tel qu'il sort du cocon (1). J'avais aussi pris les précautions nécessaires pour éviter les agitations de l'air, la torsion du fil, etc. Enfin, je me suis servi successivement pour compter le temps de deux chronomètres de Molineux.

Les expériences ont eu lieu dans une grande chambre dont la température était à peu près constante; je n'ai donc point eu de corrections à faire de ce chef. Quant au fer qui pouvait se trouver dans la chambre, il devait, à la vérité, modifier la direction et l'intensité de l'action magnétique exercée par le globe, mais en ne le changeant pas de place et en ayant soin qu'il fût toujours à distance assez grande pour ne pas faire varier sensiblement, pendant les expériences, la résultante de toutes les forces qui agissaient sur l'aiguille, mes résultats on

(1) Pour suspendre les barreaux, je réunissais plusieurs fils.

pu être pris avec sûreté, puisque je n'avais d'ailleurs en vue que de déterminer les intensités relatives des forces que prenait l'aiguille pendant l'aimantation.

Cela posé, j'ai donné successivement à l'aiguille jusqu'à 30 doubles frictions ; et à chaque double friction, j'observais la force que l'aiguille avait acquise ; à cet effet, je comptais à plusieurs reprises le nombre des secondes qu'elle employait à faire cent oscillations horizontales, en partant d'une même amplitude, et j'en déduisais la valeur moyenne pour dix oscillations. Les intensités étaient alors, comme on sait, en raison inverse des carrés de ces temps.

II. *De la détermination des accroissemens d'intensité magnétique que reçoit successivement une aiguille pendant l'aimantation.*

Pour représenter mathématiquement la loi des accroissemens d'intensité magnétique que recevait l'aiguille, j'avais deux marches à suivre ; je pouvais, en effet, déduire cette loi immédiatement de la théorie, ou bien chercher à l'exprimer d'une manière empirique. La première marche me parut d'abord la plus convenable et la mieux en harmonie avec la science ; mais en l'adoptant, j'éprouvai bientôt des difficultés insurmontables. En suivant la seconde marche et en ayant égard à la forme de la courbe qui figurait les résultats de mes observations, je trouvai plusieurs équations entre les coordonnées, représentant le nombre des frictions et des intensités correspondantes qui exprimaient d'une ma-

nière plus ou moins satisfaisante ce que l'expérience m'avait fait connaître. Mais cette concordance n'était qu'apparente et tenait à la facilité de faire passer la courbe des intensités par la suite des points que me donnaient mes nombres.

Je ne tardai pas à voir combien chacune de ces formules laissait à désirer, lorsque je passais à tous les cas particuliers que présente l'aimantation. Je fus donc naturellement ramené à mes premières idées, et j'adoptai la formule que me présentait la théorie, mais en la modifiant dans la forme de son exposant. La relation qui existe entre l'intensité totale I que peut prendre une aiguille ou un barreau, et la force i reçue après un nombre x de doubles frictions peut se mettre sous la forme suivante :

$$i = I\left(1 - \mu^{x^{\alpha}}\right)$$

équation dans laquelle μ et α sont deux constantes qui dépendent de la force de coertion de l'aiguille, de sa forme, de sa grandeur, de son poids, etc., en même temps que de la force des barreaux glissans.

On conçoit que μ est essentiellement une fraction, et que la courbe a une assymptote dont elle approche d'autant plus que x devient plus grand. La distance de cette assymptote à l'axe des abscisses auquel elle est parallèle est égale à I. D'une autre part, la courbe coupe son axe des abscisses, et l'intensité est nulle quand $x = 0$. De sorte que la courbe part de l'origine même, si l'aiguille n'a pas d'aimantation préalable ; et elle coupe l'axe des x dans la région négative ou positive, selon que l'aiguille

était déjà aimantée dans le sens de l'aimantation qui va s'opérer, ou dans un sens contraire.

Il se présente cependant ici une difficulté qu'il importe de lever avant tout si l'aiguille était déjà aimantée dans le sens que l'on se propose de continuer, il suffirait de chercher le nombre de frictions auquel correspond cette force initiale, et d'en tenir compte dans le reste du calcul. Ainsi, je suppose que la force déjà acquise réponde à un nombre c de frictions, on continuera l'opération et le calcul en posant

$$i = I\left(1 - \mu^{(x+c)^{\alpha}}\right),$$

x désignant le nombre de frictions ultérieures qu'on se proposerait de donner.

Mais si le magnétisme acquis était de nature différente à celle du magnétisme qu'on se propose de donner à l'aiguille, il faudrait regarder l'opération comme se composant de deux parties distinctes, l'une devant détruire préalablement le magnétisme acquis, et l'autre devant donner à l'aiguille, en partant de l'état zéro, un magnétisme de nature opposée. Or, tant que les pôles ne seraient pas renversés par l'aimantation, l'exposant aurait le signe négatif. La formule exprimerait cette double circonstance de la manière suivante :

$$i = I\left(1 - \mu^{\pm(x \pm c)^{\alpha}}\right)$$

en observant que la différence de x et de c doit toujours être prise positivement entre les parenthèses.

On a donc dans l'équation sous la forme la plus générale quatre constantes avec i et x, de sorte qu'il suffira de quatre observations pour déterminer entièrement la courbe, et de trois seulement quand l'aiguille n'était pas aimantée primitivement ou quand on connaît déjà sa force.

Je vais montrer maintenant par un exemple l'emploi de la formule précédente, et je prendrai de préférence la première série d'expériences que j'ai faites, quand je me suis livré aux recherches qui font l'objet de ce Mémoire.

L'aiguille employée était de forme cylindrique et présentait à ses extrémités deux pointes coniques d'une hauteur à peu près égale au rayon de la base. La longueur totale était de 645 millimètres et le poids de 5445 milligrammes.

Les barreaux qui servaient à l'aimantation étaient d'acier anglais et avaient la forme de parallélipipèdes. Ils avaient exactement la même longueur (153 millimèt.) et les deux autres dimensions différaient très peu; de sorte que l'un des barreaux pesait 86175 milligrammes et l'autre 85300. Le premier qui présentait quelques petites taches de rouille faisait dix oscillations en 90″ et le second en 86″,56. En déterminant le moment statique de ces deux barreaux par la formule connue

$$m = \frac{\pi^2 P\, l^2}{3\, g T^2}$$

on trouve 2234. 2 milligrammes pour le second barreau et 2088,2 pour le premier, c'est-à-dire que la force était la même que celle qu'auraient exercée les poids précédens suspendus à des bras de levier de 1 millimètre. Ces

barreaux destinés à opérer le renversement des pôles d'une aiguille d'inclinaison construite dans les ateliers de MM. Troughton et Simms m'ont servi généralement dans la plupart des expériences dont j'aurai à parler.

On pourra d'abord, si l'on ne veut qu'une simple approximation, faire $I = 10$, puisque après 30 frictions, l'intensité de l'aiguille était 9,675. De plus, pour déterminer μ, on se servira du nombre 2,665 représentant la force magnétique obtenue par la première friction, et on fera $x = 1$ et $c = 0$, en négligeant la très faible intensité magnétique qu'avait l'aiguille avant l'expérience, intensité qui n'était représentée que par 0,044, on aura

$$2,665 = 10\,(1-\mu),$$

d'où l'on déduit

$$\mu = 0,7335$$

pour déterminer α, nous pourrons nous servir des valeurs données par l'une quelconque des autres observations, et les porter dans l'équation

$$i = 10\left(1 - 0,7335^{x^{\alpha}}\right)$$

Comme alors on se donne i et x, il sera très facile d'en déduire la valeur de α. On voit que nous n'avons fait concourir alors que trois observations à la détermination de la courbe des intensités. Il est évident que les nombres de l'équation varient avec les observations que l'on fait concourir à leur détermination. En prenant l'équation suivante à la formation de laquelle j'ai fait concourir plusieurs observations

$$i = 10\left(1 - 0{,}7523^{x^{0{,}663743}}\right)$$

on parvient aux résultats consignés dans le tableau ci-joint. Les intensités sont calculées non dans leur valeur absolue, mais d'une manière relative et en prenant pour unité la force qu'aurait l'aiguille si elle employait 100 secondes de temps à faire 10 oscillations.

FRICTIONS.	INTENSITÉS		DURÉE DE 10 OSCILLAT.		DIFFÉRENCE.
	observées.	calculées.	observée.	calculée.	
1re	2,665	2,477	61″,25	63″,54	+2″,29
2e	3,639	3,630	52 ,42	52 ,49	+0 ,07
3	4,430	4,457	47 ,51	47 ,37	—0 ,14
4	5,086	5,105	44 ,34	44 ,26	—0 ,08
5	5,472	5,632	42 ,75	42 ,14	—0 ,61
6	5,745	6,074	41 ,72	40 ,58	—1 ,14
8	6,504	6,775	39 ,21	38 ,42	—0 ,79
10	7,433	7,308	36 ,68	36 ,99	+0 ,31
12	7,720	7,726	36,00	35 ,98	—0 ,02
16	8,656	8,335	34 ,00	34 ,68	+0 ,68
20	8,895	8,748	33 ,53	33 ,81	+0 ,28
30	9,675	9,342	32 ,15	32 ,72	+0 ,57

Les différences, comme l'on voit, excepté la première et la sixième, ne dépassent pas une seconde; et la manière dont elles se succèdent, quant aux signes, semble montrer qu'elles proviennent moins de la formule que des circonstances qui ont accompagné l'aimantation ou l'observation de l'intensité. Ces résultats pourront paraître satisfaisans, si l'on observe que l'expérience se prolonge pendant toute une journée, que l'observation de la durée des oscillations comporte ses erreurs, et que

l'aimantation surtout expose à des différences assez considérables, car deux frictions sont rarement faites exactement dans les mêmes circonstances, et nous verrons bientôt qu'une seule friction suffit en général pour produire un renversement de pôles dans une aiguille même fortement aimantée. D'ailleurs une aimantation défectueuse influe nécessairement sur tous les résultats subséquens; on pourrait du reste, par l'emploi de la méthode des moindres carrés, trouver des constantes qui feraient accorder mieux encore les résultats du calcnl avec ceux de l'expérience.

En soumettant à des calculs semblables les différens résultats que j'ai obtenus en aimantant de petites aiguilles de la forme et de la grandeur de celle dont il est ici question, j'ai trouvé qu'on obtient des résultats assez concordans avec ceux de l'expérience en faisant l'exposant $\alpha = \frac{2}{3}$, et en adoptant pour I une valeur égale à l'intensité qu'a l'aiguille après la 30e friction ou plutôt une valeur un peu supérieure, de sorte qu'il ne reste qu'à déterminer μ d'après l'une ou l'autre des observations. C'est ainsi qu'ont été calculés les nombres qui figurent dans le tableau ci-joint. Si l'aiguille avait cependant un commencement de magnétisme, il faudrait, comme il a été dit, déterminer préalablement l'abscisse du point de départ. Je me suis borné à ne donner ici que deux séries d'observations faites avec des aiguilles différentes, mais à peu près de même dimension. On remarquera que les valeurs nouvelles pour l'aiguille de la première série d'expériences ne présentent qu'une seule différence plus grande qu'une seconde, et elle est

négative au lieu de positive qu'elle était dans le premier calcul. Les différences de l'observation et du calcul sont aussi très faibles pour la seconde série d'expériences.

Résultats de la première série d'expériences.

$$i = 10\left(1 - 0{,}76^{x^{\frac{2}{3}}}\right), \quad x_0 = 0{,}118 \ (1).$$

FRICTIONS.	INTENSITÉ		DURÉE DE 10 OSCILLAT.		DIFFÉRENCE.
	observée.	calculée.	observée.	calculée.	
1re	2,665	2,785	61",25	59",93	—1",32
2e	3,639	3,636	52 ,42	52 ,45	+0 ,03
3	4,430	4,426	47 ,51	47 ,54	+0 ,03
4	5,086	5,050	44 ,34	44 ,50	+0 ,16
5	5,472	5,575	42 ,75	42 ,35	—0 ,40
6	5,745	5,998	41 ,72	40 ,83	—0 ,89
8	6,504	6,691	39 ,21	38 ,66	—0 ,55
10	7,433	7,222	36 ,68	37 ,21	+0 ,53
12	7,720	7,612	36 ,00	36 ,18	+0 ,18
16	8,656	8,257	34 ,00	34 ,80	+0 ,80
20	8,895	8,680	33 ,53	33 ,94	+0 ,41
30	9,675	9,294	32 ,15	32 ,81	+0 ,66

(1) $x_0 = 0{,}118$ indique l'abscisse du point de départ. Quand l'aiguille ne présente pas initialement des traces d'aimantation, $x_0 = 0$.

Résultats de la deuxième série d'expériences.

$$i = 7{,}5 \left(1 - 0{,}64^{x^{\frac{2}{3}}}\right), \quad x_0 = 0{,}6.$$

FRICTIONS.	INTENSITÉ		DURÉE DE 10 OSCILLAT.		DIFFÉRENCE.
	observée.	calculée.	observée.	calculée.	
1re	3,423	3,428	54″,05	54″,02	−0″,03
2e	4,342	4,275	48 ,00	48 ,37	+0 ,37
3	4,914	4,877	45 ,11	45 ,28	+0 ,17
4	5,241	5,317	43 ,68	43 ,37	−0 ,31
5	5,616	5,664	42 ,24	42 ,02	−0 ,22
6	5,723	5,940	41 ,80	41 ,03	−0 ,77
8	6,034	6,348	40 ,71	39 ,69	−1 ,02
10	6,241	6,629	40 ,03	38 ,84	−1 ,19
12	6,445	6,831	39 ,39	38 ,26	−1 ,13
16	7,126	7,088	37 ,46	37 ,56	+0 ,10
20	7,172	7,238	37 ,34	37 ,17	−0 ,17
30	7,273	7,404	37 ,08	36 ,75	−0 ,33

En déterminant dans la dernière série, le point de départ d'après la première observation, je trouve que ce point est plus éloigné de l'origine qu'il ne devrait l'être effectivement d'après l'expérience. Par exemple, en faisant $x = 0{,}6$, l'intensité est 2,040, tandis que l'intensité observée n'était qu'un peu plus grande que la moitié de ce nombre. Ce qui semblerait annoncer que dans l'aiguille soumise à l'expérience, la première friction avait plus d'effet que les suivantes.

Dans une autre série d'expériences, je me suis servi d'une aiguille de 128 millim. de longueur et de forme lenticulaire, portant un petit axe à son centre comme les aiguilles d'inclinaison. Les résultats de mes observations et de mes calculs m'ont donné les valeurs suivantes :

$$i = 5{,}6\left(1 - 0{,}4775^{x^{0,78}}\right), \quad x_0 = 0.$$

NOMBRE des frictions.	INTENSITÉ		DURÉE DE 10 OSCILLAT.		DIFFÉRENCE.
	observée.	calculée.	observée.	calculée.	
1	2,926	2,926	58″,46	58″,46	0″,00
2	3,983	4,026	50 ,11	49 ,84	—0 ,27
3	4,702	4,619	46 ,33	46 ,53	+0 ,20
4	4,976	4,967	44 ,87	44 ,87	0 ,00
6	5,351	5,299	43 ,23	43 ,43	+0 ,20
8	5,464	5,467	42 ,78	42 ,77	—0 ,01
16	5,510	5,591	42 ,42	42 ,29	—0 ,13
20	5,589	5,600	42 ,30	42 ,26	—0 ,04

Le plus grand écart n'est que d'un quart de seconde. Ce résultat m'a d'autant plus satisfait que les constantes de la formule ont été obtenues par un premier essai. J'ai fait $I = 5{,}6$, en ayant égard au résultat obtenu après la 20e friction, quand l'aiguille paraissait toucher déjà au point de saturation. J'ai fait ensuite $x = 1$ pour la première friction, puisqu'en commençant, l'aiguille n'offrait pas de traces d'aimantation, ce qui me donnait

$$2{,}926 = 5{,}6\,(1 - \mu)$$

et par suite $\mu = 0{,}4775$. Enfin, pour déterminer α, j'ai fait usage du nombre obtenu après la quatrième friction, et je l'ai porté dans la formule

$$4{,}976 = 5{,}6\left(1 - 0{,}4775^{h^{\alpha}}\right).$$

En résolvant cette équation, j'ai trouvé $\alpha = 0{,}78$.

On voit que dans cet exemple l'origine est à la place que lui assigne la formule.

Pour vérifier ces premiers résultats, je fis encore plusieurs autres séries d'expériences qui présentèrent également un accord satisfaisant avec les formules. Cependant, pour lever les doutes qui me restaient encore quant à l'origine dont la distance n'est généralement pas telle que la donne la formule, et pour estimer en même temps les erreurs auxquelles j'avais pu être exposé par l'aimantation, je sentis qu'il ne suffisait pas d'aimanter et d'observer un grand nombre d'aiguilles, mais qu'il fallait plutôt entreprendre plusieurs séries d'expériences sur une seule, ou bien sur des barreaux dont je pouvais rendre les dimensions homologues.

III. *Examen particulier du cas du renversement des pôles d'une aiguille ou d'un barreau qu'on aimante.*

J'ai employé pour cette expérience un barreau d'acier anglais de 15 centimètres de longueur sur 15 millimètres de largeur environ et 7 d'épaisseur. Pendant la première série d'expériences, je donnais à chaque essai une friction sur chacune des deux grandes faces du barreau. Après avoir donné la 24e friction de cette manière, le barreau faisait 10 oscillations pendant 145″,18, et il ne paraissait guère susceptible d'acquérir une force plus grande en continuant les frictions de la même manière. Je voulus voir alors si je ne parviendrais pas à amplifier la force, en faisant 24 nouvelles frictions sur les autres faces, et je trouvai qu'effectivement le barreau n'employait plus pour faire 10 oscillations que 127″,5 au lieu

de 145″,18 ; ce qui faisait que les intensités magnétiques étaient dans le rapport de 6,1386 à 4,7445, différence remarquable.

Je sentis alors la nécessité de faire à chaque essai des frictions complètes, c'est-à-dire sur les six faces, afin d'obtenir des résultats comparables, et c'est de cette manière qu'ont été faites les séries d'expériences suivantes.

Durée de 10 oscillations. — Séries impaires.

NOMBRE des frictions.	1re série.	3e série.	5e série.	7e série.	9e série.	11e série.	13e série.	15e série.	17e série.
1	195″,00	235″,2	250″,0	257″,3	262″,0	245″,5	292″,0	246″,0	276″,0
2	172 ,33	163 ,1	173 ,3	182 ,2	180 ,0	182 ,5	193 ,5	183 ,2	183 ,5
3	165 ,00	153 ,2	159 ,3	170 ,7	164 ,5	171 ,8	178 ,0	170 ,0	172 ,0
4	159 ,50	148 ,3	154 ,7	163 ,3	160 ,5	165 ,2	174 ,0	166 ,5	164 ,5
6	155 ,20	145 ,0	150 ,3	150 ,3	157 ,0	159 ,5	166 ,6	159 ,5	158 ,0
12	150 ,23	142 ,0	146 ,7	145 ,0	153 ,3	154 ,2	158 ,2	154 ,5	154 ,0
24	145 ,18	»	»	»	»	»	»	»	»
24	127 ,5	135 ,3	141 ,8	141 ,5	148 ,5	150 ,7	153 ,7	151 ,9	153 ,0

Séries paires.

NOMBRE des frictions.	2e série.	4e série.	6e série.	8e série.	10e série.	12e série.	14e série.	16e série.
1	infini.	»	261″,0	407″,0	355″,0	353″,0	305″,0	314″,0
2	201″,00	»	181 ,3	194 ,5	210 ,5	188 ,2	201 ,0	195 ,0
3	172 ,33	»	167 ,3	178 ,3	»	»	»	»
4	165 ,80	»	159 ,8	176 ,0	182 ,2	168 ,5	175 ,0	171 ,5
6	155 ,58	»	157 ,0	168 ,2	»	»	»	»
12	150 ,00	»	151 ,3	157 ,7	164 ,0	160 ,5	163 ,0	161 ,0
24	145 ,50	»	148 ,3	153 ,5	156 ,0	156 ,0	157 ,5	155 ,3

Il est assez remarquable que les nombres obtenus par la seconde série d'expériences sont à peu près identiquement les mêmes que ceux de la première série. La première friction faite sur les six faces du barreau pour retourner les pôles, a d'abord détruit sensiblement toutes les traces de magnétisme, et ensuite chaque friction sur les six faces a produit le même effet que les deux frictions faites sur les grandes faces dans la première série d'expériences. On pourrait désirer savoir ce qui aurait lieu si les expériences de la seconde série avaient été faites comme celles de la première. J'ai fait cet essai et j'en parlerai bientôt.

On voit déjà que les 24 frictions complètes de la seconde série n'ont pas réussi à rendre au barreau la force qu'il avait après les 24 frictions complètes de la première série.

En commençant le troisième essai, les pôles se sont trouvés renversés dès la première friction complète, et le barreau avait acquis un état magnétique opposé. Sa force acquise après 24 frictions était aussi plus énergique qu'à la fin de la série d'expériences précédentes, mais sans être aussi grande qu'après la première série. Il semblerait, pour me servir des expressions reçues dans la théorie du magnétisme, que le fluide magnétique une fois séparé, éprouve de la difficulté à prendre un arrangement nouveau, et qu'il revient avec plus de facilité à son état de séparation primitif. Cette observation méritait d'être confirmée par un plus grand nombre d'expériences, et c'est dans cette vue que j'ai fait les 17 séries d'expériences que je produis ici. (Je regrette de n'avoir pas conservé les nombres de la quatrième.) Voici les

principales conclusions qu'on peut en déduire, à l'inspection seule de ces nombres :

1° Une seule friction complète a suffi pour produire chaque fois le renversement des pôles, et même pour mettre le barreau dans un état magnétique contraire ;

2° Les aimantations de rang impair, c'est-à-dire celles qui tendaient à mettre les pôles dans le sens de la première aimantation, étaient les plus efficaces ;

3° Plus le nombre de renversemens de pôles augmentait, et moins le barreau avait de force à la fin de chaque série d'expériences, du moins jusque vers la douzième ;

4° Les intensités correspondantes à un même nombre de frictions, qui étaient d'abord très inégales pour les séries d'ordre pair et impair, ont approché vers une limite où les différences étaient bien moins grandes, et seraient probablement devenues nulles, si le fluide s'était symétriquement distribué dans les deux moitiés du barreau ;

5° Le renversement des pôles qui tendait à remettre le barreau dans son premier état, tout en continuant à s'effectuer avec plus de facilité que pour les séries d'ordre pair, éprouvait néanmoins plus de difficultés après un certain nombre d'aimantations.

Si l'on construit les courbes des intensités correspondantes à chaque série de nombres, on trouve des lignes qui deviennent sensiblement parallèles ; j'en ai représenté deux sur le dessin ci-joint pour un petit barreau du poids de 11^{g},849, dont il sera parlé plus loin ; l'autre est construite d'après les valeurs moyennes fournies par les nombres des séries d'ordre impair. J'ai construit de la même manière la courbe des intensités produite par

le renversement des pôles, d'après les séries d'observations d'ordre pair.

Si nous passons maintenant à l'examen des intensités finales obtenues après chaque série de frictions, nous trouverons les valeurs numériques suivantes :

APRÈS	INTENSITÉ FINALE de l'aiguille.	APRÈS	INTENSITÉ FINALE de l'aiguille.
La 1re série.	6,139	La 2e série.	4,724
3e	5,463	4	»
5	4,973	6	4,547
7	4,995	8	4,234
9	4,535	10	4,109
11	4,403	12	4,109
13	4,233	14	4,031
15	4,334	16	4,146
17	4,272		

En soumettant ces observations au calcul, j'ai trouvé que les valeurs moyennes des dernières séries d'observations étaient assez fidèlement exprimées par la formule

$$i = 4,38 \left(1 - 0,36^{\sqrt{x - 0,8236}}\right)$$

pour les séries d'ordre impair, et par

$$i = 4,1 \left(1 - 0,36^{\sqrt{x - 0,933}}\right)$$

pour les séries d'ordre pair. Je n'ai dû changer que la valeur de I, d'après le résultat final de chaque aimantation. On peut voir les résultats calculés dans le tableau numérique ci-joint, obtenu en mettant successivement dans les formules à la place de x, les nombres 1, 2, 3, etc., exprimant le nombre des frictions, et en calcu-

lant ensuite d'après l'intensité *i*, le nombre des secondes employées à faire 10 oscillations.

Valeurs moyennes des 11e, 15e *et* 17e *séries.*

NOMBRE des FRICTIONS.	TEMPS DE 10 OSCILLATIONS		INTENSITÉ MAGNÉTIQUE	
	observé.	calculé.	observée.	calculée.
1	255″,8	255″,8	1,528	1,528
2	183 ,1	184 ,6	2,983	2,933
3	171 ,3	171 ,3	3,408	3,409
4	165 ,4	165 ,1	3,655	3,671
6	159 ,0	159 ,1	3,955	3,952
12	154 ,2	153 ,7	4,203	4,236
24	151 ,9	151 ,7	4,335	4,348

Valeurs moyennes des 12e, 14e *et* 16e *séries.*

NOMBRE des FRICTIONS.	TEMPS DE 10 OSCILLATIONS.		INTENSITÉ MAGNÉTIQUE.	
	observé.	calculé.	observée.	calculée.
1	324″,0	324″,0	0,953	0,953
2	194 ,7	193 ,4	2,638	2,673
3	»	»	»	»
4	171 ,8	171 ,1	3,388	3,415
6	»	»	»	»
12	161 ,5	158 ,9	3,834	3,963
24	156 ,3	156 ,8	4,093	4,070

Quand, après avoir aimanté une aiguille, on opère le renversement des pôles, il faut concevoir qu'on passe brusquement de la courbe des intensités à une autre courbe semblable qui se forme au-dessous de l'axe des x. Cette nouvelle courbe coupe l'axe en un point que nous prenons pour la nouvelle origine; c'est à l'abs-

cisse 0,1764 = 1 — 0,8236 que répond l'intensité magnétique après la première friction, dans la série d'ordre impair; et l'intensité perdue du magnétisme opposé, figurée par l'ordonnée négative 4,07, correspond à une abscisse négative qu'on obtient en posant

$$4,1 = 4,38 \left(1 - 0,36^{-\sqrt{c}}\right)$$

d'où $c = -0,4182$. La courbe passe à l'origine et l'intensité par l'état zéro dans la première friction complète. En suivant la loi de continuité, on devrait avoir pour cette intensité après la première friction, la valeur qui se rapporte à l'abscisse $x = 1 - 0,4182$, c'est-à-dire 0,5818; or, au lieu de cette quantité, on trouve pour x la valeur 0,1764, en faisant $i = 1,5283$ dans la formule. Ainsi la distance des deux ordonnées n'est que 0,6 environ, au lieu d'être égale à l'unité. On trouve à peu près le même résultat, en faisant les mêmes calculs sur la seconde formule.

On serait porté à conclure de ce qui précède que pendant le renversement des pôles, les fluides ne circulent pas avec la même facilité que lorsque le renversement est opéré; et que dès qu'une fois il s'est fixé, il faut une certaine perte de force pour le remettre en mouvement dans un sens contraire. Nous avons déjà eu occasion de voir qu'il conserve même assez long-temps une tendance à revenir à son état primitif. Il paraît même qu'il lui faut un certain temps pour se fixer, et qu'il acquiert alors plus de facilité pour une séparation de nouveau fluide; en effet, le temps qu'exigeaient les expériences m'ayant forcé, quoique j'observasse presque

sans discontinuité pendant toute l'étendue de la journée, à séparer en plusieurs époques différentes les observations consignées dans le dernier tableau, je me suis aperçu, par l'examen de mes résultats, qu'en reprenant mes observations au milieu d'une série interrompue, l'intensité de la force magnétique qui se développait était devenue plus grande que ne l'exigeait la loi de continuité, ou qu'on pouvait l'admettre en tenant compte de la variation diurne. Je jugeai néanmoins que ces résultats avaient besoin d'être confirmés par d'autres observations, surtout sur des barreaux d'inégale dimension; mais je parlerai d'abord d'une observation que j'ai déjà citée plus haut.

J'ai pris un barreau exactement semblable à celui de l'expérience précédente et formé du même acier. Je l'ai aimanté deux fois de suite exactement de la même manière et dans le même ordre que dans la première série d'expériences mentionnée précédemment, c'est-à-dire en ne donnant chaque fois qu'une seule friction sur chacune des grandes faces; on pourra voir les résultats des expériences et des calculs dans le tableau ci-joint.

FRICTIONS.	PREMIÈRE SÉRIE. INTENSITÉ		DEUXIÈME SÉRIE. INTENSITÉ	
	observée.	calculée.	observée.	calculée.
1	2,068	2,068	—1,598	—0,858
2	3,062	2,956	0,000	0,000
3	3,463	3,464	0,649	0,687
4	3,691	3,696	1,246	1,236
6	3,880	3,954	2,054	2,027
12	4,165	4,221	3,041	3,064
24	4,314	4,339	3,361	3,407
40	4,400	4,360	3,433	3,433

La formule qui a servi à calculer les nombres de la première série série est

$$i = 4,36 \left(1 - 0,6^{\sqrt{x - 0,604}}\right).$$

Les constantes sont à peu près identiquement les mêmes que précédemment : la distance à l'origine de la première ordonnée est $x = 0,396$. On voit encore qu'il y a une grande perte de force pour mettre d'abord le fluide en mouvement et le séparer dans un sens déterminé. Nous avons eu des effets contraires pour les petites aiguilles, et pour l'aiguille moyenne nous n'avons rien observé de semblable.

Quant à la seconde série, il est impossssible de la représenter par les formules qui se sont prêtées aux calculs précédens ; mais ici les coordonnées, au moment du renversement des pôles, sont beaucoup plus rapprochées que ne l'exige la continuité du reste de la courbe.

On remarquera aussi que l'intensité du barreau à la fin de la seconde aimantation a été beaucoup plus faible qu'après la première.

La formule employée dans le second calcul est

$$i = 3,433 \left(1 - 0,8^{x - 2}\right).$$

On peut juger d'après cela quelle perte considérable de force on fait quand on se borne à aimanter un barreau sur deux de ses faces seulement, en produisant un renversement de pôles.

D'après ce qui a été dit précédemment, je crois inu-

tile d'ajouter de nouvelles explications pour faire comprendre les séries d'expériences renfermées dans les tableaux suivans, qui contiennent à la fois les nombres tels qu'ils ont été donnés par l'observation, les résultats moyens qui en ont été déduits en même temps que les résultats calculés d'après les formules. J'ai cru pouvoir négliger dans l'estimation des valeurs moyennes les séries qui semblaient faire anomalie à cause d'un changement essentiel opéré pendant le renversement des pôles, ainsi que les premières séries obtenues pour des aiguilles ou barreaux qui n'avaient point encore été aimantés, parce que pour ceux-là, d'après l'observation déjà faite, les premières séries d'ordre impair donnent des valeurs généralement trop fortes, et les séries d'ordre pair présentent au contraire des valeurs trop faibles.

longueur 0m,0762, *moment statique* 240.

FRICTIONS. Intensité initiale nulle.	SÉRIES DE NOMBRE IMPAIR. 1re série.	3e série.	5e série.	7e série.	9e série.	11e série.	MOYENNE DES SÉRIES 5, 7, 9 et 11. Temps obs.	Intensité.	$i=4{,}19[1-0{,}36^{\sqrt{x-0{,}64065}}]$ Temps calculé.	Intensité.	$i=4{,}165[1-34166^{\sqrt{x-0{,}66935}}]$ Temps observé.	Intensité.
1	55″,98	66″,0	67″,3	76″,8	76″,0	68″,5	72″,19	1,919	72″,19	1,919	72″,19	1,919
2	50 ,36	53 ,1	54 ,3	61 ,0	60 ,6	55 ,5	57 ,75	2,998	58 ,90	2,883	58 ,14	2,958
3	48 ,40	51 ,7	50 ,7	56 ,5	55 ,2	53 ,2	54 ,88	3,302	54 ,91	3,317	54 ,57	3,358
4	47 ,76	48 ,5	49 ,9	54 ,0	53 ,1	51 ,8	51 ,69	3,743	53 ,11	3,546	52 ,86	3,578
6		47 ,9	49 ,3	50 ,8	51 ,8	51 ,7	50 ,90	3,860	51 ,32	3,796	51 ,19	3,816
12		47 ,57	49 ,1	50 ,5	51 ,3	51 ,0	50 ,23	3,963	49 ,65	4,056	49 ,67	4,053
24	44 ,50	47 ,33	48 ,6	49 ,1	48 ,7	49 ,7	49 ,00	4,165	49 ,03	4,160	49 ,15	4,139

FRICTIONS.	SÉRIES DE NOMBRE PAIR. 2e série.	4e série.	6e série.	8e série.	10e série.	12e série.	MOYENNE DES SÉRIES 6, 8, 10 et 12. Temps obs.	Intensité.	$i=3{,}9[1-0{,}36^{\sqrt{x-0{,}73284}}]$ Temps calculé.	Intensité.	$i=3{,}876[1-0{,}34166^{\sqrt{x-0{,}7535}}]$ Temps calculé.	Intensité.
1	94″,5	82 ,0	76″5	81″,8	80″,0	78″,0	79″,06	1,600	79″,06	1,600	79″,18	1,602
2	60 ,9	59 ,7	58 ,7	62 ,1	60 ,2	60 ,0	60 ,72	2,757	61 ,25	2,665	60 ,77	2,708
3	55 ,9	55 ,3	55 ,8	58 ,8	56 ,5	56 ,3	56 ,89	3.061	57 ,14	3,063	56 ,78	3,101
4	55 ,0	53 ,8	54 ,2	55 ,2	55 ,5	55 ,2	55 ,05	3,300	55 ,17	3,285	54 ,82	3,327
6	53 ,8	53 ,2	53 ,4	51 ,7	53 ,2	54 ,5	53 ,21	3,532	53 ,25	3,526	53 ,95	3,427
12	53 ,3	53 ,3	52 ,6	51 ,2	52 ,5	52 ,5	52 ,11	3,683	51 ,48	3,774	51 ,48	3,771
24	51 ,9	52 ,2	50 ,7	50 ,0	51 ,0	51 ,3	50 ,79	3,876	50 ,82	3,872	50 ,92	3,857

Expériences faites en avril 1831 *sur un petit barreau; poids* 10gr,004, *long.* 0m,0718, *moment* 389,64.

FRICTIONS.	SÉRIES IMPAIRES.		MOYENNE DES SÉRIES 3 et 4.	
	1re série.	3e série.	Temps observé.	Intensité.
1	36″,3	50″,2	48″,35	
2	35 ,0	39 ,1	38 ,95	
3	34 ,5	36 ,8	37 ,00	
4	34 ,3	36 ,2	36 ,20	
6	34 ,2	35 ,6	35 ,65	
12	33 ,7	34 ,6	35 ,00	
24	33 ,5	34 ,5	34 ,40	
36	33 ,34	33 ,8	34 ,00	
60		33 ,7	33 ,70	

FRICTIONS.	SÉRIES PAIRES.		$i = 8{,}8053\,[1 - 0{,}303^{\sqrt{x} - 0{,}683}]$	
	2e série.	4e série.	Temps calculé.	Intensité.
1	52″,8	46″,5	48″,17	4,310
2	41 ,8	38 ,8	39 ,01	6,568
3	38 ,3	37 ,2	36 ,82	7,375
4	37 ,9	36 ,2	35 ,79	7,805
6	37 ,0	35 ,7	34 ,82	8,244
12	36 ,6	35 ,4	34 ,00	8,647
24	35 ,3	34 ,3	33 ,75	8,774
36	35 ,2	34 ,2	33 ,71	8,798
60	33 ,7	33 ,7	33 ,70	8,804

Expériences faites en mars 1831 *sur un petit barreau ; poids* 11,854 , *long*. 0,0764.

FRICTIONS.	SÉRIES IMPAIRES.			MOY. DES SÉRIES 1, 2, 4, 5 et 6.	
	1re série.	3e série.	5e série.	Temps observé.	Intensité.
1	56″,7	66″,6	50″,1	54″,14	3,412
2	42 ,5	46 ,9	41 ,3	42 ,38	5,568
3	40 ,8	43 ,6	39 ,8	40 ,56	6,079
4	39 ,7	41 ,8	39 ,4	39 ,86	6,294
6	39 ,3	41 ,1	39 ,0	39 ,32	6,470
12	38 ,9	40 ,8	38 ,6	39 ,03	6,565
24	38 ,5	40 ,1	38 ,5	38 ,56	6,726
60	37 ,40	39 ,30	37 ,33	37 ,71	7,032

FRICTIONS.	SÉRIES PAIRES.			$i = 7{,}032\,[1 - 0{,}25^{\sqrt{x - 0{,}7671}}]$	
	2e série.	4e série.	6e série.	Temps calculé.	Intensité.
1	56″,1	55″,9	52″,06	54″,03	3,425
2	42 ,4	43 ,4	42 ,2	42 ,54	5,524
3	40 ,6	40 ,9	40 ,7	40 ,34	6,145
4	40 ,0	40 ,0	40 ,2	40 ,18	6.193
6	39 ,3	39 ,4	39 ,5	39 ,90	6,308
12	39 ,2	39 ,3	39 ,1	38 ,96	6,587
24	38 ,6	38 ,6	38 ,5	38 ,58	6,717
60	37 ,94	37 ,42	38 ,45	37 ,71	7,032

Expériences faites en mars et avril 1833, par MM. Mailly et Gonthier, sur un petit barreau ; poids 11gr,854, long. 0m,0764.

FRICTIONS.	SÉRIES D'ORDRE IMPAIR.				MOYENNE DES SÉRIES 1, 3, 5, 6, 7 et 8.	
	1re.	3e.	5e.	7e.	Temps observé.	Intensité.
Etat primitif.	40″,75					
1	50 ,9	72″,3	57″,0	55″,6	59″,1	2,978
2	50 ,0	49 ,9	50 ,7	47 ,6	48 ,9	4,191
3	49 ,0	47 ,0	46 ,5	45 ,2	46 ,2	4,696
4	46 ,5	45 ,6	45 ,4	44 ,3	45 ,0	4,934
6	44 ,4	43 ,7	44 ,4	43 ,5	43 ,9	5,199
10	»	42 ,4	43 ,6	43 ,2	42 ,9	5,432
Saturation.	44 ,0	40 ,7	42 ,3	41 ,4	42 ,0	5,687

FRICTIONS.	SÉRIES D'ORDRE PAIR.				$i = 5{,}6866\,[1 - 0{,}329^{\sqrt{x - 0{,}554372}}]$	
	2e	4e.	6e.	8e.	Temps calculé.	Intensité.
1	78″,4	86″,9	64″,2	54″,7	59″,1	2,979
2	61 ,2	67 ,0	46 ,5	48 ,8	48 ,9	4,190
3	57 ,7	52 ,3	43 ,9	45 ,8	46 ,2	4,687
4	55 ,0	47 ,4	43 ,5	44 ,9	44 ,9	4,964
6	52 ,8	43 ,7	42 ,9	44 ,2	43 ,6	5,262

On voit, par le premier tableau d'expériences faites sur un petit barreau d'acier pesant 11g,849, que les résultats sont à peu près exactement les mêmes que ceux obtenus pour un barreau beaucoup plus grand; la première série de frictions a produit dans le barreau une intensité beaucoup plus forte que les séries suivantes; de plus la force obtenue par le renversement des pôles dans un sens opposé au sens primitif a été généralement plus faible.

Le barreau aimanté au mois d'avril 1831, et qui recevait aussi l'aimantation pour la première fois, a présenté les mêmes circonstances. Dès la douzième friction, il n'employait plus que 33″,7 à faire dix oscillations, et 33″,34 après la trente-sixième; l'opération n'a pas été portée plus loin; après le renversement des pôles, quelque fût le nombre des frictions, jamais il n'a pu employer moins de 33″,7 à faire le même nombre d'oscillations. Cette différence de 0″,36, qui est peu de chose, devient cependant remarquable quand elle est établie par un grand nombre d'expériences.

Les barreaux qui ont été employés dans les autres expériences avaient déjà reçu l'aimantation. J'ai eu soin de m'assurer dans le cours des observations que les barreaux glissans ne changeaient pas de force, du moins pendant l'aimantation d'un même barreau. En reprenant mes observations en 1831, je leur ai donné plus de force qu'ils n'en avaient précédemment.

IV. *Des relations qui existent entre la force des barreaux qu'on aimante et celle des barreaux qui servent à l'aimantation.*

Je ne pourrai prendre ici en considération que les barreaux de forme parallélipipédique qui ont pu être aimantés successivement sur toutes leurs faces. Les aiguilles cylindriques ne souffrant en général qu'une aimantation plus ou moins complète, comme l'observation en a été faite plus haut.

Les barreaux qui ont servi à faire les frictions sur les grands barreaux d'acier, avaient 153 millimètres de longueur et des poids de 86 grammes environ avec des forces dont le moment pouvait être représenté par les nombres 2234,2 et 2088,2 milligrammes, en calculant au moyen de la formule donnée au commencement de ce mémoire pour la détermination des momens.

En faisant usage de la même formule pour déterminer le moment de la force magnétique qu'avait acquise, après la première série de frictions, le grand barreau de 152,7 millim. de longueur et du poids de 98g,005 qui faisait 10 oscillations en 127″,5, on a 1178,7.

Ce moment a une valeur qui est à peu près la moitié de celle pour l'un et l'autre barreaux qui ont servi à l'aimantation et qui ont à peu près la même longueur. Il est à remarquer que ce barreau était fait d'un acier fondu très dur.

J'ai employé dans une autre série d'expériences un petit barreau semblable à celui employé dans les expériences précédentes, mais dont les dimensions étaient

réduites de moitié; il avait une longueur de 76mm,2 et un poids de 11 ,849; il faisait, après la première série de frictions, 10 oscillations en 44″,5; conséquemment son moment statique a été de 291g,32, valeur huit fois moindre que pour les barreaux qui ont aimanté, et quatre fois moindre que pour le barreau aimanté dont les dimensions homologues étaient doubles.

Il en résulte que les barreaux aimantés ont reçu des forces dont les momens sont comme les carrés de leurs dimensions homologues ou comme leurs surfaces. Ceci ne s'accorde point avec le résultat des observations de Coulomb, qui en formant des faisceaux de fil de fer très pur, tel qu'il sort de la filière avant d'être recuit (1), a trouvé que « dans deux aiguilles de même nature et « dont les dimensions sont homologues, les momentum « des forces directrices sont entre eux comme le cube « des dimensions homologues. »

Cette discordance peut tenir à la différence de l'acier que j'avais employé. En supposant que les barreaux glissans communiquent aux barreaux frictionnés de même dimension et de même nature qu'eux des forces dont les momens sont égaux, nos résultats dans la seconde expérience seraient parfaitement d'accord avec ceux de Coulomb. Leurs dimensions homologues sont en effet dans le rapport de 1 à 2, et les momens des forces comme 1 à 8 environ.

Il ne paraît pas que Coulomb se soit occupé de rechercher les relations qui existent entre la force des

---

(1) *Mémoires sur l'électricité et le magnétisme*, 7e mémoire, chez Bachelier, à Paris.

barreaux qu'on aimante et celle des barreaux qui servent à l'aimantation. D'après ce qui précède, on peut croire que les barreaux glissans donnent aux barreaux frictionnés, en tenant compte de la loi des cubes pour les dimensions, des forces égales à celles qu'ils possèdent, quand toutefois les barreaux frictionnés n'ont pas des dimensions trop grandes par rapport à celles des barreaux glissans. Ce sujet de recherches mériterait sans doute d'être mieux examiné.

Un autre essai a été fait avec le petit barreau dont il a été fait mention précédemment; il a été frictionné avec deux autres barreaux semblables aux barreaux glissans des expériences précédentes, et dont le barreau de 152,7 millimètres de longueur faisait partie, mais ces nouveaux barreaux glissans avaient été aimantés de manière à avoir des forces un peu différentes entre elles, et dont le moment dans la valeur moyenne était de 2480,4. Les résultats de ces expériences consignés dans un des tableaux précédens ont donné 42″ pour 10 oscillations et 336,67 grammes pour valeur du moment statique du petit barreau. Ces nombres sont encore à peu près dans le rapport de 1 à 8.

Enfin j'ai pris un barreau de 148 millimètres de longueur et du poids de $110^{g},45$, faisant 10 oscillations en 85 secondes et dont le moment était par conséquent de 2807,7 grammes; je l'ai frictionné avec les deux barreaux anglais de 153 millimètres de longueur, dont les momens n'avaient plus pour valeur que 1394,1 et 1692,4; après avoir renversé ses pôles et être parvenu à lui donner un magnétisme opposé à peine appréciable, j'ai cherché à lui rendre sa force primitive, mais la

valeur obtenue pour son moment n'a plus été que de 2192g,0 ; la diminution de force a donc été notable ; cependant le moment a été plus grand qu'il ne devait l'être en raison de la grandeur des barreaux ; ce qui tient, comme j'ai eu l'occasion de l'observer plusieurs fois, à ce que les barreaux glissans n'ont agi que sur une certaine partie du magnétisme. En continuant à frictionner avec les mêmes barreaux, d'autres expériences m'ont appris que le barreau frictionné aurait continué à perdre de la force dans le sens primitif de son aimantation et en s'approchant d'une limite, et à gagner au contraire dans le sens opposé.

Je regrette de ne pouvoir donner à ces résultats la précision qu'ils méritent. Des occupations d'une nature différente m'ont constamment forcé de différer les expériences que je me proposais de faire à cet égard. Je dois me borner à présenter mes observations dans l'état où j'ai pu les amener jusqu'à présent.

V. *Sur la possibilité de prévoir le résultat de l'aimantation avec le moins d'observations possibles.*

Ce qui va suivre résume en quelque sorte tout ce qui précède. Nous avons vu d'abord qu'en aimantant un barreau de 15 centimètres de longueur, la formule suivante exprimait toutes les circonstances de l'aimantation, soit pour les séries de frictions d'ordre pair, soit pour les séries de frictions d'ordre impair,

$$i = I\left(1 - 0{,}36^{\sqrt{x-c}}\right)$$

c étant une constante qui fixait le point de départ d'où il fallait compter les abscisses, et I étant le seul paramètre qui fût différent d'une courbe à l'autre. Ainsi les deux autres constantes avaient des valeurs communes $\mu = 0,36$ et $\alpha = \frac{1}{2}$.

En aimantant un second barreau de même grandeur, la même formule, avec les deux mêmes valeurs de μ et de α, a suffi pour exprimer encore les différentes circonstances de l'expérience; le paramètre I seul a changé ainsi que le point de départ d'où les abscisses devaient être comptées.

J'ai pris ensuite un barreau semblable aux précédens et dont les côtés homologues n'avaient que la moitié de leur grandeur; la formule que j'ai trouvée pour le calcul de l'intensité, après chaque friction, m'a présenté pour μ et α des valeurs très peu différentes de celles que j'avais eues pour les barreaux plus grands, de manière que j'ai été naturellement porté à essayer le calcul en prenant encore pour μ et α les mêmes valeurs que j'avais trouvées pour les barreaux précédens, en faisant varier seulement la valeur de I et le point de départ des abscisses d'après les données de l'observation. Cette formule a également servi pour les deux séries d'ordre pair et d'ordre impair.

Frappé de cette singulière analogie, j'ai essayé le calcul pour les formules qui devaient représenter les séries d'observations suivantes, en prenant toujours pour l'exposant α la valeur $\frac{1}{2}$, et j'ai trouvé que la formule avec cette restriction, non seulement représentait fort bien les résultats des expériences, mais donnait encore pour μ une quantité qui s'éloignait très peu de $0,36$.

Une seule s'est écartée assez sensiblement de cette valeur, et a donné 0,25. J'ai repris alors le calcul, en substituant à cette dernière valeur celle de 0,36, et j'ai trouvé qu'en posant

$$i = 7{,}032 \left(1 - 0{,}36^{\sqrt{x - 0{,}5776}}\right)$$

on obtient encore des valeurs approchées de celles que donne l'observation, quoiqu'elles le soient moins que celles données dans le tableau; ce qui pourrait dépendre de la qualité de l'acier.

Il résulte donc de tout ce qui précède qu'il existe, du moins pour tous les cas que j'ai examinés, une formule dont un seul paramètre est variable et qui représente convenablement toutes les circonstances des observations. Cette formule est la suivante :

$$i = I \left(1 - 0{,}36^{\sqrt{x}}\right)$$

De plus, ce paramètre I, qui est le même pour deux barreaux égaux et de même nature, varie selon la grandeur et la force de coertion des barreaux qu'on aimante. D'après les observations de Coulomb, il serait, toutes choses égales, comme les cubes des dimensions homologues. Il suffirait donc d'avoir observé les degrés successifs de force qu'a pris un barreau par l'aimantation, pour dire ensuite quels seront les degrés de force que prendra successivement un autre barreau donné. En supposant, en effet, que I soit la force qu'a reçue par l'aimantation le barreau qui doit servir de module; si l'on représente un de ses côtés par a et par a' le côté

correspondant d'un autre barreau qui lui est semblable, on aura pour la force que prendra ce dernier barreau, d'après les observations de Coulomb que nous avons pu vérifier plus haut, l'expression $I\left(\frac{a'}{a}\right)^3$ et la formule deviendra

$$i = I\left(\frac{a'}{a}\right)^3 \left(1 - 0{,}36^{\sqrt{x}}\right)$$

Il ne restera plus pour chaque barreau qu'à déterminer le point à partir duquel il faut compter les abscisses.

Conclusions.

Les conclusions suivantes résultent de tout ce qui précède.

1° Quand on aimante à saturation par la méthode du contact séparé, une aiguille ou un barreau qui n'avait point encore reçu l'aimantation, la force magnétique acquise est un *maximum* par rapport aux forces qu'on pourrait donner à cette même aiguille ou à ce même barreau par des renversemens subséquens des pôles.

2° La force magnétique que peut acquérir l'aiguille devient de plus faible à mesure que les renversemens de pôles se multiplient.

Les séries de frictions qui tendent à ramener les pôles dans leur état primitif sont plus efficaces que les autres.

3° Cette différence entre les forces qu'acquiert l'aiguille, après les renversemens successifs des pôles, va continuellement en s'affaiblissant et converge vers une limite.

Elle dépend en général de la grandeur de l'aiguille par rapport à celle des barreaux glissans, ainsi que de sa force de coertion.

4° On ne donne point à une aiguille toute la force magnétique qu'elle peut acquérir, si les frictions n'ont pas lieu sur toute la surface; ceci devient surtout sensible dans le renversement des pôles.

5° Les barreaux glissans donnent, toutes choses égales, aux barreaux de même dimension qu'eux, une force magnétique égale à celle qu'ils possèdent, et dans les barreaux de dimension différente, les forces acquises sont comme les cubes des dimensions homologues.

La dernière partie de cet énoncé est établie depuis long-temps par les expériences de Coulomb.

6° Quand on frictionne des barreaux aimantés avec d'autres barreaux plus faibles qu'eux, la force des premiers diminue au lieu d'augmenter, et il paraît que la force deviendrait celle que ces derniers barreaux seraient susceptibles de donner aux premiers par l'aimantation directe.

7° La relation qui existe entre les forces que reçoit une aiguille ou un barreau par des frictions successives et le nombre de ces frictions peut être exprimée par une formule exponentielle contenant trois constantes.

Une seule de ces trois constantes paraît changer de valeur avec la grandeur des barreaux qu'on aimante, du moins tant que ces barreaux conservent une grandeur qui n'excède pas celle des barreaux glissans, et qu'ils sont de même qualité d'acier.

Ainsi l'on connaît d'avance les degrés successifs de force que va prendre un barreau à chaque friction, si

l'on a déterminé préalablement la loi de ces accroissemens, pour les mêmes barreaux glissans, et pour un autre barreau quelconque qui doit servir de module. Si le barreau qu'on frictionne avait un commencement d'aimantation, il faudrait calculer d'abord le nombre de frictions auxquelles correspond cette force, afin de pouvoir assigner le rang des frictions subséquentes et la grandeur des forces magnétiques correspondantes.

8° Quand les barreaux glissans sont plus grands que le barreau qu'on aimante, dès la première friction complète, la force du magnétisme est à très peu près moitié de la force qu'aura le barreau aimanté dans son état définitif.

Après la douzième friction complète, la force magnétique diffère peu de celle que les barreaux glissans peuvent communiquer.

SUR *les Relations qui existent entre les Actions électriques et les Actions chimiques;*

PAR A. BOUCHARDAT.

Depuis Volta, bien des expériences ont été faites pour déterminer la force électro-motrice des divers électro-moteurs simples; mais on n'a point examiné si l'action chimique est en raison directe de l'électricité développée. Les objections nouvellement élevées contre la théorie du contact donnent à ces expériences un nouveau degré d'intérêt.

Wollaston a fait voir qu'en faisant agir un acide sur un métal quelconque susceptible d'être attaqué, l'action était beaucoup plus vive quand on faisait toucher la lame attaquée par une lame d'un autre métal, sur lequel l'acide n'avait point d'action. Ritter, dans un ouvrage intitulé : *Das electriche System der Kærper*, expose plusieurs expériences analogues. Nous avons cru qu'un travail, qui présenterait des relations numériques de l'influence du contact dans plusieurs actions chimiques, pourrait conduire à la solution de quelques problèmes encore obscurs de la philosophie naturelle.

Nous avons fait construire des vases semblables de métaux différens les plus purs possibles ; nous avons fait des balles de même forme et de même poids avec des métaux que nous voulions soumettre à l'action chimique. On plaça dans chaque vase une balle, on ajouta alors la même quantité du même acide, au même degré de concentration, l'action fut continuée pendant un temps parfaitement semblable. Toutes les conditions étaient identiques : la seule différence dans toutes les expériences est la nature des vases, la seule force différente est la force électro-motrice développée par le contact de métaux hétérogènes, la balle et les vases. La différence d'action chimique tiendra donc uniquement à cette cause. Pour être sûr de n'être point trompé par quelque cause étrangère que nous n'avions point prévue, et pour nous assurer si la différence d'action tenait bien à la différence de la force électro-motrice, et si les variations auxquelles elle était soumise n'étaient point dues à des circonstances incertaines, qui ne nous permettaient point d'obtenir avec exactitude la mesure de

la force que nous voulions connaître, nous fîmes les expériences suivantes : quatre balles de zinc distillé, du même poids et en tout parfaitement semblables, furent placées dans quatre vases de verre semblables, avec la même quantité d'acide sulfurique extrêmement dilué. Après une heure d'action, les quatre balles furent retirées, essuyées et pesées : l'eau acidulée avait enlevé à chacune des balles précisément deux milligrammes. Ces mêmes balles furent placées dans quatre vases : 1° platine, 2° or, 3° argent, 4° verre. L'action dura également une heure pour toutes, avec la même quantité d'eau acidulée; les balles pesées après l'action présentèrent les nombres suivans :

Platine 79, or 65, argent 51, verre $1 + \frac{1}{2}$.

Il est évident que le contact des corps hétérogènes a donné à l'action chimique une énergie nouvelle. Ces différences sont si notables, que nulles causes d'erreur ne peuvent être invoquées. Il résulte de ces expériences, d'une manière incontestable, que par le seul fait du contact les corps se constituent dans des états électriques différens ; le métal positif l'est d'autant plus, qu'il est en contact avec un corps plus négatif. Ainsi la mesure de l'action chimique peut nous offrir la mesure de la force électro-motrice mutuelle des corps. Par le contact de l'acide sulfurique affaibli sur le zinc, l'acide prend un excès d'électricité négative ; le zinc, au contraire, un excès d'électricité positive. Mais lorsqu'on emploie un acide très étendu, le zinc ne se constitue pas dans un état assez positif pour que l'action chimique acquière

une grande énergie; mais si, par le contact avec des conducteurs de première classe fortement négatifs, on rend le zinc plus positif, alors l'énergie de l'action sera en raison directe de l'énergie de l'état électrique développé par le contact. Dans le premier exemple que nous avons cité, pour rendre le problème plus simple, nous avons choisi l'or et le platine sur lesquels l'acide sulfurique n'exerce aucune action chimique. Il résulte pour nous de ces expériences que, dans le contact de deux métaux, le développement d'électricité n'est pas dû à la différence d'action exercée par le liquide sur les deux métaux; mais il nous paraît démontré que l'électricité, développée par le seul fait du contact, exerce une influence directe sur l'action chimique que le liquide doit avoir sur le métal positif; par conséquent que le développement d'électricité est antérieur à l'action chimique, que l'action chimique n'est pas la cause du développement de l'électricité, mais au contraire que l'énergie de l'action chimique est sous la dépendance de la force électrique développée par le contact. Nous verrons plus bas que la différence d'action ne peut pas être attribuée au degré variable de conductibilité pour l'électricité. Parrot a soutenu la théorie contraire avec constance et chaleur; de La Rive paraissait l'avoir établie sur des expériences décisives, Pfaff et Marianini la combattirent avec talent, et réhabilitèrent la théorie de Volta. Becquerel, qui depuis la mort de Davy est le premier parmi les physiciens qui s'occupent d'électricité, dans son grand travail sur les changemens qui s'opèrent dans l'état électrique des corps sous diverses influences, a examiné la question du contact avec cette rare sagacité

qu'on lui connaît, et il arrive aux mêmes conclusions que le physicien de Venise.

Ainsi, nous regardons l'hypothèse de Volta comme une vérité démontrée, et la manière dont Berzélius, avec les grands maîtres, considère les combinaisons chimiques comme n'étant point dues à une force occulte, l'affinité, mais à une force qu'on peut connaître et mesurer, l'état électrique des corps, comme la théorie la plus féconde et la plus propre à comprendre les lois de la nature.

Après avoir retiré nos balles des différens vases, nous avons laissé s'écouler une heure; elles furent ensuite placées dans quatre vases de verre semblables avec la même quantité d'acide : l'action dura une heure; la balle qui avait été en contact avec le platine avait perdu 11, avec l'or 8, avec l'argent 5, avec le verre 1 $\frac{1}{2}$. Ces expériences rappellent les observations intéressantes de Van Beeck : il plaça dans un vase contenant de l'eau de mer, du cuivre, il fut attaqué; il y ajouta du fer, le cuivre fut préservé; mais quand il sépara le fer par une plaque mince de mica, le cuivre ne fut plus préservé; il unit le cuivre au fer par un fil de platine, le cuivre fut préservé; après quarante-sept jours de contact, il ôta la communication, le cuivre, quoique séparé du fer, ne fut pas attaqué; elles rappellent également les piles secondaires de Ritter, et concourent à prouver cette proposition fondamentale : « que l'état électrique qui se « développe par le contact des corps persiste après ce « contact ; » ces expériences démontrent également que les molécules des corps, qui ont subi par le contact des modifications qui ont augmenté leurs propriétés élec-

riques, tendent par le temps à reprendre leur état primitif. Nos expériences étaient faites dans des conditions parfaitement semblables, et, sous l'influence du contact, nous avons obtenu les nombres 79, 65, 51; après le contact, les nombres 11, 8, 5, et avant le contact 2.

Nous allons maintenant donner le résultat d'expériences comprenant un assez grand nombre de métaux.

Des balles de zinc pur furent placées dans des vases semblables de matières différentes, et furent laissées pendant le même temps avec les mêmes quantités de même acide. Après l'action nous obtînmes les différences portées dans les tableaux suivans :

Tableau n° I.

NATURE des VASES.	ACIDE HYDROCHLORIQUE.	ACIDE SULFURIQUE.	AMMONIAQUE.
Plombagine	10	»	»
Soufre..........	5	3	1
Etain	12	12	12
Plomb...........	14	28	15
Antimoine	41	38	18
Bismuth	45	38	20
Argent	58	65	22
Or.	52	102	24
Platine	55	116	27
Cuivre	70	150	40
Laiton	124	190	103
Fer.............	»	130	»
Verre	4	3	»

Tableau n° II. — Balles de zinc du commerce.

NATURE DES VASES.	ACIDE SUFFURIQUE AFFAIBLI, action, 15 minutes.	AMMONIAQUE, action, 12 heures.
Verre.	9	2
Soufre	10	1 $\frac{1}{2}$
Plomb	310	15
Etain.	»	17
Antimoine	350	19
Bismuth	342	19
Argent.	665	27
Platine.	712	32
Or	»	23
Cuivre.	»	42
Laiton.	»	64

Les expériences qui ont fourni les nombres portés dans les tableaux précédens ont été répétées un grand nombre de fois, et toutes ont fourni des nombres ne s'éloignant pas beaucoup de ceux que nous avons donnés; avant d'arriver d'une manière régulière aux nombres énoncés, il nous a fallu faire plusieurs tentatives. Nous opérions d'abord avec de l'acide contenant $\frac{1}{10}$ d'acide réel, et nous ne laissions continuer l'action que pendant cinq minutes; mais elle était si énergique, que la température était sensiblement élevée; à ce degré de concentration, l'acide et le zinc se constituent mutuellement dans un état électrique si décidément opposé, que l'influence du contact est rendue insensible par cette influence supérieure. Dans ces actions énergiques, nous avons remarqué que l'influence du contact pourrait agir, non comme force électro-

motrice, mais en raison du degré de conductibilité pour l'électricité des différens vases employés. Voici les nombres obtenus dans une de nos expériences avec de l'acide sulfurique à un dixième et du zinc du commerce, verre 51, soufre 53, antimoine 62, plomb 75, platine 76, étain 96, cuivre 110, argent 120, bismuth 132. On voit que la série précédente peut offrir des rapprochemens avec celle établie pour la conductibilité, pour l'électricité, successivement par Davy, Pouillet et Becquerel.

Pour apprécier convenablement l'influence du contact, il faut employer de l'acide assez faible pour que l'action soit à peine sensible, en se servant de vases qui déterminent une action électro-motrice très faible; il faut laisser continuer l'action un temps suffisant pour bien apprécier les différences, mais non assez pour que la quantité d'acide soit beaucoup diminuée dans les vases qui déterminent une action électro-motrice puissante; cette diminution du degré d'acidité constitue une cause d'erreur qu'il faut atténuer par toutes les précautions que nous indique l'expérience. Il faut employer du zinc bien pur, car de La Rive a fait voir qu'avec du zinc du commerce contenant du fer l'action était essentiellement différente; en effet, la petite proportion de fer suffit pour déterminer un état électro-chimique très différent.

Ce qui contribue peut-être à rendre l'action chimique si énergique avec certains métaux, tels que le cuivre, le fer, le laiton, c'est que ces métaux ne sont pas entièrement préservés par le zinc, la partie supérieure du vase est attaquée, mais le sel formé est aussitôt décomposé par le zinc qui se couvre de particules extrêmement

fines de cuivre ou de fer, et toutes ces parties sont en contact et se constituent dans un état électrique différent qui favorise singulièrement l'action chimique ; en effet, il est incontestable que l'étendue du contact a une influence évidente sur l'énergie de l'action ; j'ai eu occasion d'observer très nettement cet effet pendant mon séjour à Dampierre. Le duc de Luynes était occupé d'un travail aussi complet qu'intéressant sur la fabrication des damas : il fit un corroyage de feuilles de tôle et de platine ; comme il est d'usage, ces lames, placées dans une eau acidulée qui n'agissait que très faiblement sur le fer, furent attaquées avec une violence incroyable ; du fer fut placé à côté et touché avec un fil de platine, l'action fut augmentée au contact, mais elle ne se prolongea pas dans toute l'étendue comme dans les feuilles qui étaient forgées avec le platine.

L'observation est importante, en ce qu'elle peut nous faire rectifier une erreur ; en effet, si nous voulons établir l'énergie de l'action électro-motrice développée au contact, et par là la faculté électro-motrice des différens métaux par la différence de l'action chimique, nous devons établir dans toutes nos expériences une étendue de contact aussi semblable que possible ; c'est ce que nous avons fait ; nous devons aussi observer que les métaux qui ne sont pas entièrement préservés se précipitent sur le métal positif, augmentent l'étendue du contact, et par là, l'influence de l'électricité. Nous expliquons ainsi d'une manière rationnelle les différences observées par rapport au pouvoir électro-moteur et à l'énergie de l'action chimique développée par le contact du fer, du cuivre et du laiton. C'est particulièrement

en employant l'ammoniaque pour dissolvant qu'on observe un dépôt considérable de cuivre.

Avant de tirer les conclusions des expériences rapportées dans les tableaux précédens, après avoir examiné l'influence comparative des divers acides, voyons si l'énergie de l'action électro-motrice suivra le même ordre en employant des électro-moteurs différens. Le métal qui réunit le plus facilement les conditions exigibles pour ces expériences est l'étain. Nous avons mis des balles d'étain parfaitement semblables en contact avec les vases ci-après, contenant une quantité égale d'acide hydrochlorique très affaibli ; l'action fut prolongée pendant une heure.

Tableau n° III.

Verre	3
Soufre	3
Plomb	12
Argent	19
Antimoine	34
Bismuth	36
Cuivre	70
Platine	85
Or	201

Les expériences rapportées dans les tableaux nos I et II nous prouvent que le zinc se constitue, par rapport aux divers corps, dans des états électriques semblables, quelle que soit la nature du liquide employé; en effet, nous observons assez régulièrement la même série en

employant l'acide sulfurique, hydrochlorique ou l'ammoniaque. Dans une suite d'expériences, où nous avons employé l'acide nitrique, nous devons dire que nous avons observé plusieurs aberrations assez constantes. Davy indique un ordre différent en employant des liqueurs acides, alcalines ou hydrosulfurées.

Si maintenant on compare la série des tableaux n^os I et II à la série du tableau n° III, il est évident que les conducteurs de première classe ne se constituent pas dans un état électrique semblable par rapport au zinc ou par rapport à l'étain ; par rapport au zinc, le platine vient en première ligne ; l'or, au contraire, le devance par rapport à l'étain ; l'argent est très négatif par rapport au zinc, et vient immédiatement après l'or ; par rapport à l'étain, il l'est beaucoup moins, et est séparé de l'or par le bismush et l'antimoine. L'étude de ces aberrations est d'une bien grande importance pour la théorie chimique ; nous pouvons établir avec certitude que lorsqu'on cherche à établir une série électro-chimique où chaque corps est positif ou négatif, par rapport à ceux qui le suivent ou le précèdent, on ne peut indiquer qu'une relation et non pas l'ensemble des relations qui existent entre ces corps ; en effet, en changeant le corps qui sert de point de comparaison, on obtient une série différente.

Ainsi, quoique nous soyons convaincus, contrairement à l'opinion des partisans de la théorie chimique de la pile, que toute action chimique est subordonnée à l'état électrique des corps, nous croyons cependant qu'il est impossible d'établir une classification linéaire fixe et invariable, en prenant seulement en considéra-

tion l'état électrique réciproque des divers corps; il est indubitable qu'il existe des corps qui sont décidément positifs ou négatifs; il est aussi certain que, dans toute classification philosophique, on ne pourra les séparer; mais les ranger d'une manière fixe, voilà le nœud gordien.

Dans nos expériences, la force électro-motrice du soufre est insensible; ce fait, qui s'est toujours reproduit, nous avait d'abord étonné; mais nous nous en sommes rendu compte en observant que le soufre n'acquiert ordinairement des propriétés électro-chimiques bien marquées que par une élévation de température.

Quand on veut mesurer la force électro-motrice relative des conducteurs de la même classe par les déviations de l'aiguille aimantée, l'effet que l'on mesure est complexe; outre l'influence de la force principale, cette déviation dépend aussi de la quantité d'électricité qui traverse le fil dans un temps donné, par conséquent de la conductibilité; ainsi nous ne devons pas être trop surpris si les relations indiquées d'après l'intensité de l'action chimique, et celles indiquées d'après les déviations de l'aiguille aimantée, ne sont pas toujours concordantes; nous pensons d'ailleurs, d'après les faits ci-dessus énoncés, qu'on ne peut pas plus établir une série linéaire invariable, en comparant les déviations de l'aiguille aimantée, qu'en mesurant l'énergie de l'action chimique; voici, au reste, un extrait des rapports des électro-moteurs indiqués par Marianini, dans l'ouvrage intitulé : *Saggio di esperienze electro-metriche*, etc. Or, platine, mercure, argent, antimoine, nickel, cuivre, laiton, fer, étain, plomb, zinc. On peut voir

d'après cela qu'il existe des aberrations notables entre la mesure de la force électro-motrice, déterminée soit d'après la déviation de l'aiguille aimantée, comme le fait Marianini, soit d'après l'intensité de l'action chimique.

Nous ne terminerons pas les observations sur les tableaux ci-dessus donnés sans appeler l'attention sur la circonstance remarquable du rapprochement du bismuth et de l'antimoine. Dans toutes nos expériences, ces deux métaux marchent toujours ensemble, leur influence sur l'énergie de l'action exercée sur le zinc ou l'étain a toujours été représentée, sinon par des nombres identiques, au moins par des nombres fort voisins. Si on compare ces résultats à ceux que fournit la mesure du pouvoir thermo-électrique, on voit que d'une part ils marchent sur la même ligne, et que de l'autre ils forment les deux extrémités de l'échelle.

Influence du contact sur la cristallisation.

Si l'électricité développée par le contact de deux corps hétérogènes exerce une action bien manifeste sur plusieurs réactions chimiques, cette influence, quoique moins évidente sur plusieurs phénomènes physiques, n'en est pas moins certaine. Les recherches si fécondes de Becquerel sur l'électricité moléculaire, ont indiqué plusieurs relations entre l'électricité et la force qui détermine la cohésion et la cristallisation. Nous avons fait quelques expériences sur ce dernier objet; des solutions concentrées de sel marin furent évaporées dans différens vases, et nous avons observé les résultats suivans : dans l'or de très petits cristaux cubiques; dans l'antimoine,

le bismuth et l'étain, des cubes un peu plus gros; dans le platine, de plus grands cristaux. Ces cristaux prenaient encore un volume plus considérable dans le soufre, la plombagine, le verre; dans l'argent, c'étaient de grandes trémies cubiques. Dans le cuivre et le laiton, le sel se dépose sous forme de grandes lames mélangées de petits cubes; dans le zinc, de petits cubes mélangés d'aiguilles; dans le plomb, on n'observe plus aucune apparence de cristallisation cubique, il ne se forme que des lames composées d'aiguilles prismatiques; ces cristaux, desséchés sur des feuilles de papier joseph, contiennent encore de l'eau, mais en proportion beaucoup moindre que dans les tables hexagones analysées par Fuchs. Mes vases ont un pouce de diamètre et étaient tous placés dans des circonstances semblables.

Une solution concentrée d'alun a conservé, en cristallisant dans différens vases, la forme octaédrique; mais le volume et le groupement des cristaux est très variable suivant la nature des vases employés.

Sans pousser plus loin ces expériences, nous avons pu conclure logiquement que les solutions qui doivent cristalliser se constituent par rapport aux vases qui les contiennent dans des états électriques différens, suivant la nature de ces vases; et que, suivant la différence de ces états, il en résulte de notables aberrations dans la marche de la cristallisation.

Les expériences précédentes nous ont montré l'influence variable et puissante qu'exerce l'électricité développée par le contact; nous verrons cette force, qui

était à peine soupçonnée il y a quarante ans, se faire apercevoir dans une foule de circonstances où jusqu'ici on avait négligé son appréciation.

Expériences sur l'acétification (1).

Dans le travail que j'ai écrit sur l'acétification, et que la Société de Pharmacie a publié dans ses mémoires, j'arrive à la conclusion que dans le phénomène de l'acétification l'alcool ne se transforme jamais en acide acétique. Des faits bien constatés par l'habile rapporteur ont démontré que dans plusieurs circonstances l'alcool se transformait en acide acétique, et cependant j'ai répété les expériences fondamentales de mon mémoire; elles m'ont toujours donné le même résultat négatif; la seule circonstance différente est celle-ci : que j'opérais en contact avec le mercure, et que M. Guibourt n'opérait pas sous cette influence, et cela suffit pour donner des résultats entièrement différens; avec le contact du mercure l'oxigène ne devient point partie constituante

(1) Je ne veux point parler de l'acétification sans réparer une erreur bien involontaire : nous avions envoyé à la Société de Pharmacie un travail qui nous était commun, à Buisson, pharmacien à Lyon, et à moi. La Société ne nous accorda rien, mais remit la question au concours après l'avoir modifiée. Buisson fut forcé de partir; nous nous rendîmes notre liberté en convenant de rappeler la communauté de nos premiers travaux; je rappelai cette communauté dans une note qui accompagnait mon nom placé sous cachet. Ayant déposé moi-même mon mémoire, M. le secrétaire général n'ouvrit pas le cachet, et le mémoire fut imprimé sans la note qui accompagnait mon nom.

du produit, l'acide acétique n'est pas formé aux dépens de l'alcool, mais bien aux dépens des autres matières organiques que le vin peut contenir. Cette dernière transformation est beaucoup plus complète et plus rapide en présence du mercure; les liqueurs se constituent par rapport à ce métal dans un état électrique tel que l'alcool est préservé, et que la décomposition ne s'étend qu'aux matières plus altérables qui sont plus vite et plus complètement transformées en acide acétique. Cette observation nous montre de quelles difficultés sont entourées les expériences chimiques; une force, qui jusqu'ici a toujours été négligée, nous donne des résultats entièrement opposés à ceux qu'on observe ordinairement.

Expériences sur la fermentation alcoolique.

Plusieurs chimistes ont avancé, mais sans preuve bien directe, que l'électricité jouait un rôle actif dans le développement de la fermentation alcoolique, nous avons fait quelques expériences ou pour établir cette hypothèse sur des faits, ou pour détruire une erreur.

De l'eau de sucre à un dixième, mêlée d'une suffisante quantité de levure, fut placée dans les différens vases qui nous ont servi dans nos expériences précédentes. La température était à 17° c. Dans le vase de plomb la fermentation commença, mais s'arrêta bientôt; dans le vase de fer elle eut une marche lente et irrégulière, dans les vases de cuivre et de laiton, même après plusieurs jours de contact, il n'y eut pas la moindre apparence de fermentation alcoolique. Dans les autres

vases on n'observa pas des différences assez considérables pour être données ici ; mais il ne faut pas perdre de vue que la levure que nous avons employée est une substance qui s'est déjà constituée dans un état électrique tel qu'il convient pour produire la formation de l'alcool ; l'action commencée ne fait que se continuer. J'attends un temps favorable pour reprendre ces expériences d'une manière régulière. J'ai recommencé l'expérience sur des vases de cuivre ou de laiton contenant une assez grande masse de liquide, un litre ; la fermentation commença, mais elle ne tarda point à languir et à s'arrêter complètement ; ce n'était point un sel de cuivre qui s'était opposé au développement de la fermentation, car les liqueurs essayées par le prussiate de potasse n'en indiquaient aucunes traces ; on ne peut admettre pour cause perturbatrice que l'état électrique différent produit par le contact des électro-moteurs. Avec le cuivre, le laiton, le plomb, le liquide fermentescible se constitue dans un état tel que la fermentation alcoolique ne peut se développer même en y ajoutant le corps le plus propre à produire cette perturbation remarquable ; car on sait que quand une action chimique est commencée, par le fait de cette action les molécules différentes, jusqu'alors inactives, se constituent dans l'état le plus favorable pour que l'action continue. Ainsi l'observation négative du développement de fermentation alcoolique dans les vases de cuivre et de laiton nous démontre l'influence de l'électricité sur le développement de la fermentation alcoolique.

Expériences sur le lait.

Matteucci a fait voir que des muscles abandonnés à eux-mêmes où placés sur des plaques de zinc ou de cuivre se putréfiaient d'une manière fort différente. Depuis long-temps les marchands de lait qui le transportent à Paris d'une assez grande distance emploient des vases de laiton non étamé et parfaitement décapé pour le recevoir et le conserver ; ils éloignent ainsi de beaucoup le terme de la coagulation spontanée. Depuis long-temps madame la comtesse F..... m'avait indiqué ce fait ; j'ai cherché à le vérifier et à l'étendre. J'ai employé le 21 avril, à quatre heures du soir, après l'avoir fait bouillir, du lait recueilli depuis douze heures dans des vases de fer-blanc ; il a été partagé entre des vases de différentes matières.

Le mercredi 24 il était coagulé dans les vases de porcelaine et de verre, puis dans le plomb.

Le 25, dans les vases platine, or, fer-blanc.

Le 26, dans l'étain, puis dans le bismuth et l'antimoine.

Le 27, dans le soufre.

Le 28, dans le zinc.

Le 30, dans le cuivre et le laiton après s'être couvert de moisissure.

Le samedi 8 juin, à quatre heures, du lait fut recueilli dans des vases de verre, puis et aussitôt partagé entre différens vases.

Le 9 et le 10, le lait n'était coagulé dans aucun vase.

Le 11, à cinq heures, coagulé dans la porcelaine, à midi dans le plomb.

Le 12, à cinq heures, dans le platine, à sept heures dans l'argent, à dix heures dans l'or, à trois heures dans l'étain, à onze heures dans le fer-blanc, à minuit dans le cuivre étamé.

Le 13, à cinq heures du matin, coagulé dans le verre.

Le 14, coagulé dans le bismuth et l'antimoine.

Le 16 dans le zinc.

Le 17, dans le laiton.

Dans le cuivre, il se dessèche sans se coaguler, et dans le fer il se dessèche également.

Le lait répandait une odeur très différente suivant la nature des vases où il était conservé, dans le fer particulièrement elle était très forte et caractéristique.

Dans les premiers jours, le lait conservé dans les vases de cuivre ne contenait que des traces à peine sensibles de ce métal ; mais la quantité augmenta successivement, et nous pensons qu'on ne pourrait prendre des mesures trop rigoureuses pour prohiber ce moyen de conservation qui, confié à des mains négligentes, peut devenir très dangereux.

Comme principe général, il est incontestable que l'état électrique dans lequel se constitue le lait par rapport aux divers corps avec lesquels on les met en contact a une grande influence sur la durée de sa conservation. Comme principe d'application, l'expérience nous a démontré qu'un des moyens de conserver le lait est de ne point le transvaser dans des vases de matières différentes; car, dans ce cas, la durée de sa conservation est toujours de beaucoup diminuée. Du lait recueilli dans

des vases de fer-blanc, puis transvasé dans des vases ou de verre ou d'étain, etc., s'y conservera beaucoup moins long-temps que s'il y avait été primitivement placé; il se produit ainsi une perturbation favorable à la prompte coagulation. Le soufre conserve le lait très long-temps, mais il y devient sensiblement acide et se coagule par l'ébullition. Les vases de zinc, d'antimoine, de bismuth, de laiton, de cuivre et de fer le conservent très bien; mais l'innocuité des premiers est très contestable; quant au dernier, il communique assez vite au lait une saveur très désagréable. Au résumé, je pense que pour l'usage économique il faut s'en tenir aux vases de fer-blanc en évitant de transvaser.

Le fromage acquiert une odeur et une saveur très diverses suivant la nature des vases qui ont servi à le préparer. La nature des moisissures qui se développent est aussi fort différente. Après quinze jours de conservation, les produits ammoniacaux prédominaient dans tous les métaux.

La conclusion générale de ce travail est celle-ci : que la force qui se développe au contact de tous les corps hétérogènes a une influence plus ou moins marquée sur l'énergie ou sur la nature de toutes les réactions chimiques; qu'en négligeant son appréciation on peut commettre une foule d'erreurs, et qu'au contraire en la prenant en considération, on trouve une explication raisonnable de plusieurs phénomènes de la nature.

Des *Illusions d'optique sur lesquelles se fonde le petit appareil appelé récemment Phénakisticope;*

Par M. Plateau.

L'instrument publié récemment sous le nom de *phénakisticope*, ayant excité quelque attention, comme application curieuse de certains phénomènes d'optique, on ne lira peut-être pas sans intérêt quelques explications sur la cause d'où résultent ces apparences singulières. Mais auparavant je saisirai cette occasion pour déclarer que, bien que le phénakisticope ait été fait d'après l'idée que j'ai donnée de ce nouveau genre d'illusions (1), je suis cependant complètement étranger à l'exécution de cet instrument qui laisse beaucoup à désirer sous plusieurs rapports. La théorie et l'expérience montrent en effet que, pour obtenir un résultat aussi parfait que possible, il faut avoir égard à certaines précautions qui ont été omises dans la composition du phénakisticope; de là le peu de netteté des figures, etc. J'ai dessiné avec beaucoup de soin, et en prenant toutes ces précautions, des modèles que j'ai montrés, avant

---

(1) J'ai développé cette idée dans une lettre en date du 20 janvier de cette année, insérée dans la *Correspondance mathématique et physique de l'Observatoire de Bruxelles* (t. 7, 6e livraison, page 365), et reproduite en partie dans le *Mémorial encyclopédique* de M. Bailly de Merlieux (livraison de juillet 1833, pag. 211).

même l'insertion dans le Journal de l'Observatoire, à plusieurs personnes parmi lesquelles je citerai M. Quetelet. Ces modèles constituent maintenant un nouvel instrument qui se publie à Londres sous le nom de *fantascope*.

L'appareil destiné à produire ce genre d'effet consiste essentiellement, comme on sait, en un disque de carton percé vers sa circonférence d'un certain nombre de petites ouvertures et portant des figures peintes sur l'une de ses faces. Lorsqu'on fait tourner ce disque autour de son centre vis-à-vis d'un miroir, en regardant d'un œil à travers les ouvertures, les figures vues par réflexion dans la glace, au lieu de se confondre, comme cela arriverait si l'on regardait de tout autre manière le cercle tournant, semblent au contraire cesser de participer à la rotation de ce cercle, s'animent et exécutent des mouvemens qui leur sont propres. Le principe sur lequel repose cette illusion est extrêmement simple. Si plusieurs objets, différant graduellement entre eux de forme ou de position, se montrent successivement devant l'œil pendant des intervalles de temps très courts et suffisamment rapprochés, les impressions successives qu'ils produisent sur la rétine se lieront entre elles sans se confondre, et l'on croira voir un seul objet changeant graduellement de forme ou de position. C'est une conséquence toute naturelle du phénomène bien connu de la durée de la sensation de la vue, et que l'instrument en question réalise, comme on va le voir, de la manière la plus simple. En effet, chaque fois qu'une ouverture passe devant l'œil, elle laisse voir, pendant un temps très court, l'image du cercle et des figures qu'il porte,

et comme, pendant ce passage, le cercle ne peut exécuter qu'une très petite partie de sa révolution, on le voit sensiblement de la même manière que s'il était immobile dans ce petit intervalle de temps. Maintenant le même effet se reproduisant pour chacune des fentes, il en résulte une suite d'images qui se montrent successivement devant l'œil pendant des instans très courts et aussi rapprochés qu'on le veut, chacune de ces images présentant les figures distinctement ou avec très peu de confusion, puisque, comme je viens de le faire voir, elle est sensiblemeut la même que si elle appartenait à un cercle immobile. Il ne reste donc plus, pour se trouver entièrement dans les conditions du principe posé plus haut, qu'à faire en sorte que les figures qui occupent dans ces images successives du cercle des places semblables par rapport à l'œil, diffèrent graduellement entre elles de forme ou de position; condition facile à remplir et d'où résulte l'illusion dont il s'agit.

Éclaircissons tout ceci par quelques exemples. On veut représenter des danseurs faisant des pirouettes. Eh bien, il suffit de disposer symétriquement autour du centre un nombre de figures égal à celui des fentes, et dessinées de telle manière qu'en suivant dans un même sens la série de ces figures, l'une quelconque d'entre elles soit dans une période un peu plus avancée de la pirouette que celle qui la précède, jusqu'à ce qu'on retrouve celle d'où l'on est parti. Alors il est clair que lorsqu'on soumettra ce cercle à l'expérience, les petites figures qui viendront successivement occuper la même place par rapport à l'œil, se présenteront

comme de plus en plus tournées d'un même côté, et l'œil liant toutes ces impressions successives entre elles, les petites figures auront parfaitement l'air de tourner sur elles-mêmes.

Maintenant, veut-on représenter des hommes qui marchent ? Alors les petites figures successives ne doivent plus venir occuper des places identiques par rapport à l'œil ; elles doivent être au contraire disposées de telle manière que les positions qu'elles viennent successivement remplir devant l'œil soient de plus en plus avancées dans un même sens, résultat que l'on obtiendra en prenant le nombre des figures un peu plus grand ou un peu moindre que celui des ouvertures, suivant qu'on voudra faire avancer ces figures dans un sens ou dans l'autre. Quant au mouvement des jambes, il sera aisé de le produire d'après les mêmes principes. Il suffira de concevoir un pas comme divisé en plusieurs positions successives, et de donner ces positions à la série des petites figures.

Ce qui précède suffira, je pense, pour qu'avec un peu d'attention on conçoive bientôt le moyen de faire naître ainsi l'apparence de tous les mouvemens périodiques, pourvu qu'ils ne soient pas trop lents. On peut en voir plusieurs exemples dans le phénakisticope, et l'on se rendra aisément compte de la manière dont ils se produisent.

Je terminerai en remarquant que la production de ce genre d'illusion exige que la vitesse de rotation soit comprise entre certaines limites : si cette vitesse est trop petite, les images successives cessent de se lier entre elles, et il en résulte une apparence discontinue : si

elle est trop grande, plusieurs des impressions qui se forment successivement continuent de subsister ensemble sur la rétine avec une intensité à peu près égale; il en résulte que des positions qui devaient être successives se voient simultanément, et que l'apparence résultante est confuse. La vitesse doit être telle que les impressions successives se lient entre elles, mais ne se confondent pas.

PROCÉDÉS *des Chinois pour la Fabrication de l'encre* (1);

(Extrait de l'*Encyclopédie japonaise* en 80 vol. in-8°, liv. XV, p. 7;

PAR M. STANISLAS JULIEN,

Membre de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres et professeur de chinois au Collége de France.

Autrefois l'encre se faisait avec de la terre noire, c'est pourquoi le signe dont on se sert encore aujourd'hui pour désigner l'encre, se compose de deux carac-

---

(1) C'est à tort que quelques personnes pensent que l'encre de Chine se fait avec la liqueur de la sèche ou du poulpe. Cette liqueur, qui est noire comme de l'encre, peut à la vérité servir à tracer des caractères, mais au bout d'un an les caractères disparaissent entièrement, et le papier reste tout blanc. (*Encyclopédie japonaise*, liv. LI, p. 19.)

M. Cuvier a partagé pendant toute sa vie l'erreur que signale l'auteur chinois. Nous lisons dans ses *Mémoires pour servir à*

tères superposés, dont l'un signifie *noir* et l'autre, *terre*.

On fait une encre très estimée avec du noir de fumée. On emploie de l'huile de pin à laquelle on mêle le suc de l'écorce de l'arbre kin (le l'huile de Gergélin, suivant le P. Du Halde) et de la colle animale pour la lier et lui donner de la consistance. Quelques personnes y ajoutent une préparation odorante.

Ordinairement, on met dans un fourneau du noir de fumée que l'on malaxe deux ou trois fois avec de l'huile de chenevis, (de l'huile de sésame, suivant Du Halde), ensuite on en forme de petits pains que l'on fait cuire.

C'est sous la dynastie des Thang (de 618 à 904) que l'on commença à faire de l'encre de noir de fumée.

---

l'histoire des Mollusques, in-4°, p. 4-5 : « Cette liqueur (celle du poulpe) est du même genre que la véritable encre de Chine et peut en tenir lieu. Swammerdam l'avait déjà soupçonné pour l'encre de la sèche ; et, en effet, chacun sait qu'on la prépare aujourd'hui en Italie, de sorte qu'elle ne diffère de l'encre de la Chine que parce qu'elle est un peu moins noire. M. Bosc assure avoir ouï-dire que les Chinois font la leur avec la liqueur de la *sepia rugosa*. J'ai vérifié par l'expérience que celle du poulpe et du calmar en approche plus que celle de la sèche. On l'exprime du tissu cellulaire qui la contient dans un état de bouillie un peu épaisse ; mais elle se délaye dans l'eau et en teint en un instant un volume considérable. Il serait facile d'en faire une petite branche d'industrie, surtout sur les côtes où ces animaux sont très nombreux. Comme la bonne encre de Chine est assez chère et que son usage augmenterait si le prix venait à en baisser, on pourrait espérer quelque profit de ce genre d'industrie. (*Note du Traducteur.*)

Li-Ting-koueï, qui vivait sous cette dynastie, réussit à la rendre dure comme la pierre.

Sous la dynastie des Song (de 960 à 1278), Tchang-iu commença à faire usage du camphre et du musc dans la fabrication de l'encre. C'est aussi lui qui le premier appliqua des feuilles d'or sur les bâtons d'encre.

Quand l'encre est trop vieille, la colle animale disparaît entièrement et les caractères manquent d'éclat. Si elle est trop nouvelle, la colle domine et encrasse le pinceau. Pour s'en servir avec succès, il faut qu'elle ait au moins trois ou cinq ans, et dix ans au plus. Ce n'est que dans ces derniers temps que Kan-lou a su lui donner toutes les qualités désirables.

Autrefois les fabricans d'encre conservaient l'encre dans des sachets de peau de léopard, pour la préserver de l'humidité; ils la mettaient aussi dans des coffres vernis, hermétiquement fermés, pour augmenter son éclat.

(*Observations de l'éditeur japonais.*)

Anciennement l'encre qui venait de Nan-king était la plus estimée; il en est encore de même aujourd'hui. Parmi les différentes espèces d'encre qui viennent de ce pays, on met au premier rang celle qui est faite avec du noir de fumée d'huile de Hou-ma (*jesamum orientale*). On y ajoute du camphre et du musc, et de plus du suc de Hong-hoa (*carthamus tinctorius*) pour lui donner de l'éclat. On obtient ce noir de fumée d'huile au moyen de plusieurs centaines de lampes, surmontées d'un couvercle de métal, pour la recueillir et empêcher sa déper-

dition. On enlève ce noir de fumée en balayant légèrement le couvercle avec une plume.

On fait aussi de l'encre avec le noir de fumée du pin, mais elle est d'une qualité bien inférieure.

L'encre en boule (*Wan-mé*) est la même que celle qu'on appelle *Thaï-phing-mé*. Ces deux encres, que l'on fabrique avec le noir de fumée de pin, se tirent des arrondissemens de Nié-tcheou et de Ngao-tcheou. On peut les employer à la teinture des étoffes. Le noir de fumée de pin vient d'un endroit appelé Hiong-ye, dans l'arronrondissement de Ki-tcheou. On obtient ce noir de fumée en brûlant des nœuds de pin. L'encre en boule s'emploie à imprimer des lettres et des estampilles sur les ballots ou sur des caisses de marchandises.

Recettes.

I. Pour écrire sur une étoffe de soie, mêlez un peu de suc de gingembre à l'eau dans laquelle vous délayez votre encre; les caractères ne s'étaleront pas.

II. Quand il fait très froid, délayez l'encre dans de l'eau où vous aurez mis un peu de suc de *Fan-tsiao* (*piper nigrum*), vous pourrez écrire sans que l'encre se congèle.

III. Quand vous avez du papier trop vieux sur lequel il est difficile d'écrire, mêlez à l'encre du suc de *Sung-kan* (espèce de pin), le papier ne boira pas, et vous pourrez y tracer des caractères purs et élégans.

IV. Quand vous voulez vous assurer si l'encre est bonne ou mauvaise, mettez-en quelques gouttes sur une boîte vernissée en noir. Elle est excellente quand elle

offre une teinte noire exactement semblable à celle du vernis.

V. On peut se servir utilement de l'encre pour guérir les brûlures. Délayez-la dans un peu d'eau, et faites-en une pâte épaisse que vous étendez sur la partie brûlée ; la douleur s'apaise sur-le-champ.

Suite *de l'encre de Chine.*

(Extrait d'une *Encyclopédie des arts et métiers* intitulée *Tian-kong-kaï-we ;* catalog. de la Biblioth. royale, fonds de Fourmont, nº 358, tome 3, page 43.)

Toute espèce d'encre se fait avec du noir de fumée, épaissi et moulé en forme de pains. La dixième partie de l'encre fabriquée en Chine se fait avec du noir de fumée d'huile de *Tong* (*bignonia tomentosa*), d'huile pure et de graisse de porc. Les neuf dixièmes de l'encre de Chine se font avec du noir de fumée de l'arbre *Song* (*Pinus sylvestris*).

L'encre la meilleure et la plus estimée aujourd'hui se fabrique dans l'arrondissement de Hoeï-tcheou, qui dépend de la province du Kiang-nan. Quelques fabricans, à cause de la difficulté de transporter l'huile, envoient dans les districts de King-siang et de Ching-youen des personnes qui achètent à bas prix l'huile de *Tong* (*bignonia tomentosa*), et la brûlent sur les lieux pour en obtenir le noir de fumée qu'elles rapportent avec elles.

Lorsque l'encre faite avec ce noir de fumée est étendue sur du papier et exposée aux rayons obliques du soleil,

elle offre un reflet d'un rouge brillant, si l'on a trempé la mèche de la lampe (où l'on a brûlé l'huile de Tong) dans le suc de la plante *Thse-tsao* (*cercis siliquastrum?*).

Lorsqu'on brûle de l'huile pour en obtenir du noir de fumée, elle donne par livre environ une once de noir de fumée de première qualité. On le recueille à mesure qu'il se forme. Une personne vive et adroite peut faire le service de deux cents lampes. Si l'on recueille le noir de fumée avec trop de lenteur, il se calcine et l'on perd à la fois l'huile et le noir qu'on voulait en obtenir.

Voici comment se fait l'encre ordinaire avec du noir de fumée de pin. On commence par dépouiller le pin de toute sa résine, ensuite on abat l'arbre. S'il restait la plus légère partie de résine, l'encre faite avec le noir de fumée de ce bois ne pourrait se dissoudre parfaitement dans l'eau et encrasserait le pinceau.

Lorsqu'on veut dépouiller un pin de sa résine, on pratique un trou concave au pied de l'arbre et on y place une lampe. Le bois s'échauffe peu à peu, et bientôt tout le suc de l'arbre découle par la saignée qu'on a faite.

Les morceaux de pin que l'on brûle pour en obtenir du noir de fumée doivent être minces et avoir environ un pied de long. Le lieu destiné à recevoir le noir de fumée est une longue cage en bamboux tressés, semblable à la cabane où les mariniers se mettent à l'abri de la pluie dans les bateaux. Elle doit avoir environ cent pieds de long. On la revêt à l'intérieur et à l'extérieur de feuilles de papier collé. Ce travail terminé, on pratique plusieurs cloisons percées de petits trous pour donner passage à la fumée. On garnit le sol de terre et de bri-

ques, et après avoir achevé le conduit qui doit faire arriver la fumée jusqu'à la dernière cloison, on brûle, à l'entrée, des morceaux de pin, pendant plusieurs jours. Quand le feu est éteint, on entre dans cette longue cage pour recueillir le noir de fumée. Dès que le feu est allumé, la fumée pénètre depuis la première cloison jusqu'à la dernière. Le noir de fumée qui s'attache aux parois de la première et de la seconde cloison (en commençant par la fin) est le plus léger et le plus délié; il sert à faire la meilleure encre de noir de fumée de pin. Le noir de fumée de la cloison du milieu est très épais, on l'emploie à fabriquer l'encre commune. Quant à celui de la première et de la seconde cloison (en partant de l'entrée), on en fait du noir que l'on vend aux imprimeurs, qui l'emploient après l'avoir broyé. Le résidu, qui n'a pu être réduit en poudre, sert aux vernisseurs et aux peintres de la dernière classe.

Pour juger de la qualité de l'encre faite avec du noir de fumée de pin, il suffit de la laisser tremper dans l'eau pendant quelque temps; elle est médiocre si elle surnage, et elle est d'autant meilleure qu'elle s'enfonce davantage dans l'eau.

Lorsque l'encre a été liée avec de la colle animale, et qu'elle est suffisamment sèche, on en casse un bâton avec un marteau, et l'on juge de son degré de dureté, selon qu'elle se divise en plus ou moins de morceaux. Il y a des personnes qui dorent l'encre, et qui y mêlent du musc. Mais cette addition qui dépend de la volonté du fabricant n'ajoute rien à la qualité de l'encre.

Sur *la Composition de quelques Minéraux de Saxe;*

Par C. M. Kersten.

I. *Phosphate de plomb brun trouvé dans la mine de Sonnenwirbel et de Saint-Niclas, près de Freyberg.*

Dans l'année 1830, on a rencontré dans une profonde galerie d'écoulement qui se trouve dans le filon appelé *Erwunscht Hoffnunger-Gang* un minéral qui présentait les caractères extérieurs du phosphate de plomb mamelonné, et en différait cependant essentiellement en ce que sa densité était beaucoup moindre. M. Breithaupt le soumit à une analyse minéralogique et lui donna le nom de *polysphérite.* Le minéral se trouvait formé de globules et de gouttes isolées et placées les unes sur les autres, dans l'intérieur desquelles on reconnaissait une grande quantité de raies concentriques. Son éclat est gras, et sa couleur passe du brun de girofle à la couleur jaune-isabelle; sa cassure est radiée, et en devenant plus dure elle paraît conchoïde. Sa dureté est égale à celle du spath calcaire, et sa densité, d'après M. Breithaupt, est égale à 6,092. J'ai trouvé qu'il est formé en 100 parties de

72,17	oxide de plomb,
6,47	chaux,
2,00	acide hydrochlorique,
19,36	acide phosphoriq., acide hydrofluoriq. et perte,
100,00	

Ou bien en le formant suivant la formule que j'ai donnée au phosphate de plomb, savoir :

$$\left.\begin{matrix} Pb\,Cl^2 \\ Ca\,F^2 \end{matrix}\right\} + 3 \left.\begin{matrix} \dot{P}b^3 \\ \dot{C}a^3 \end{matrix}\right\} \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\underline{P}},$$

on a :

Chlorure de plomb........	= 10,838	avec	8,073 de plomb,
Fluorure de calcium	= 1,094	avec	0,567 de calcium,
Phosphate de plomb basique	= 77,015	avec	58,918 de plomb,
Phosphate de chaux basique	= 11,053	avec	6,025 de chaux,
	100,000		

Cette analyse m'a fourni l'occasion de remarquer que le phosphate de plomb tout-à-fait semblable (1) qu'on a trouvé précédemment dans plusieurs endroits de la Saxe, et particulièrement dans la mine de Saint-Niclas, contient, outre de l'acide phosphorique, de l'acide muriatique et du plomb oxidé, de l'acide hydro-fluorique et de la chaux. On peut trouver de plus amples détails dans mon Mémoire sur la composition de ce minéral (2).

II. *Sur l'urane oxidulé de Johanngeorgenstadt et de Schneeberg, et sur le sélénium qu'ils renferment.*

J'ai fait l'analyse de plusieurs variétés d'urane oxidulé dans le but de savoir si la silice que renferme ce

(1) *Freiesleben, geognostische Arbeit*, B. VI, S. 147.

(2) *Schweigg. Journ.*, B. LXII, S. 1. — Dans ses intéressantes recherches, M. Kersten, entre les minérais de plomb dont le texte fait mention, a encore analysé les suivans : phosphate

minéral doit être regardée comme un principe essentiel à sa constitution, et si elle s'y trouve en quantité con-

---

mamelonné de Mies, en Bohême; le même cristallisé; les phosphates cristallisés de Bleistadt, d'Angleterre, de Poullaouen; le phosphate compact de la même mine.

Voici les résultats de ses analyses :

	DENSITÉ.	CHLORURE de plomb.	FLUORURE de calcium.	$\frac{2}{3}$ PHOSPHATE de chaux.	$\frac{2}{3}$ PHOSPHATE de plomb.	OXIDE de fer.
I.	6,444	10,642	0,248	7,457	81,651	des traces.
II.	6,983	9,664	0,219	0,848	89,268	
III.	7,009	9,918	0,137	0,771	89,174	
IV.		10,074	0,130	0,682	89,110	
V.	7,048	10,090			89,910	*id.*
VI.	7,050	10,069			89,931	*id.*

L'auteur en tire les conclusions suivantes :

1° Les phosphates de plomb natifs se composent, les uns de 1 atome de chlorure de plomb avec du fluorure de calcium et 3 atomes de $\frac{2}{3}$ phosphate de plomb, plus, de $\frac{2}{3}$ phosphate de chaux; les autres, de 1 atome de chlorure de plomb et 3 atomes de $\frac{2}{3}$ phosphate de plomb seulement. La formule générale est donc celle-ci :

$$\left.\begin{matrix} Pb\ Cl^2 \\ Ca\ F^2 \end{matrix}\right\} + 3\left.\begin{matrix} \dot{Pb}^3 \\ \dot{Ca}^3 \end{matrix}\right\} \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\underline{P}}.$$

Elle est analogue à celle qu'a donnée Wöhler pour le phosphate vert de plomb :

$$Pb\ Cl^2 + Pb^3 \left\{\begin{matrix} \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\underline{P}} \\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\underline{As}} \end{matrix}\right.$$

Et celle de M. G. Rose pour l'apatite :

stante et déterminée par les lois des proportions chimiques, de sorte qu'on puisse regarder ce minéral comme un silicate d'oxidule d'urane, comme déjà l'ont fait plusieurs chimistes et minéralogistes. Les résultats ont été négatifs, car la quantité de silice qui se sépare en grains lorsqu'on traite l'oxidule d'urane par un acide, est très variable.

Dans ces recherches, j'ai rencontré des petites quan-

$$Ca\begin{matrix}Cl\\ F\end{matrix} + 3\,Ca^3\left\{\begin{matrix}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\underline{P}}\\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\underline{As}}\end{matrix}\right.$$

2° Dans la plupart des phosphates bruns de plomb, une partie de l'oxide de plomb est remplacée par de la chaux, et une partie du chlore l'est aussi par du fluor. Ceux qui contiennent du fluor contiennent toujours de la chaux, et réciproquement.

3° Les phosphates bruns de plomb sont isomorphes avec les phosphates verts et les apatites, et ils se trouvent placés entre ces deux derniers par leur composition atomique et leur densité.

4° Tous les phosphates bruns ne contiennent point d'acide arsénique.

M. Kersten a fait aussi des recherches sur l'hédyphane (minéral de Longbanshyttan en Suède, ainsi nommé par M. Breithaupt, voy. *Schweigg. Journ.*, B. LX), sa densité est de 5,404 à 5,496. Il y a trouvé 10,289 de chlorure de plomb, 60,1 d'arséniate basique de plomb, et 12,980 d'arséniate basique de chaux; la perte était de 1,121.

La formule de sa composition est celle-ci :

$$Pb\,Cl + 3\left.\begin{matrix}Pb^3\\ \dot{C}a^3\end{matrix}\right\{\begin{matrix}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\underline{A}}\\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\underline{P}}\end{matrix}$$

Poggend.

tités de sélénium dans plusieurs échantillons provenant de Johanngeorgenstadt et de Schneeberg. Les résultats de mes expériences me conduisirent à regarder comme très vraisemblable que le sélénium appartenait moins à l'oxidule d'urane qu'à du sulfure de cuivre dont quelques parcelles sont répandues dans la masse du minéral. Néanmoins, dans un échantillon d'oxidule d'urane de Schneeberg bien homogène, dans lequel on ne pouvait apercevoir à l'œil armé aucune parcelle de minéral étranger, on reconnut à l'aide du chalumeau la présence de quelques traces de sélénium. D'un autre côté, on ne put en reconnaître dans l'oxidule d'urane de Joachimsthal.

III. *Pyrite arsénicale de Palmbaum, près Marienberg.*

M. Freiesleben fit connaître le premier ce minéral, et depuis, M. Berzélius a fait quelques expériences d'après lesquelles il le regarde comme formé de 12 équivalens d'arsenic et d'un équivalent de soufre. En 1827, j'en fis l'analyse sur un échantillon d'une pureté parfaite, et je le trouvai composé en centièmes comme il suit :

96,785 d'arsenic,
3,001 de bismuth et des traces très probables de tellure,

99,786

Deux ans plus tard, M. Berzélius reprit l'analyse de ce minéral, y retrouva du soufre, tandis que de mon côté je n'en pus rencontrer de traces. Mes analyses

ayant paru à M. Berzélius mériter quelque confiance, il soupçonna qu'il existait deux minéraux différens auxquels on avait donné le même nom. Quelque temps après que j'eus fait connaître mon analyse (voyez *Schweigg*, *Journ.*, tome. LIII, p. 372), M. Fischer, à Breslau, fit quelques alliages artificiels de bismuth et d'arsenic qui possédaient les mêmes propriétés que la pyrite arsénicale que j'avais annoncée comme un alliage naturel de ces métaux; de cette manière, les résultats de mon analyse se trouvèrent confirmés.

Les deux alliages naturels et artificiels d'arsenic et de bismuth répandent des vapeurs si on les chauffe assez pour oxider l'arsenic, et ce phénomène dure jusqu'à ce que le tout ait entièrement disparu, lors même que l'on refroidit l'alliage en soufflant dessus, soit en le changeant souvent de place, soit en le touchant avec un corps froid, pourvu que ce ne soit pas avec un métal. Lorsqu'on fait l'expérience sur un charbon, il s'y dépose un anneau blanc d'oxide en lequel se change l'arsenic. D'après M. Fischer, on remarque encore ce phénomène lors même que le bismuth ne fait que la centième partie de l'arsenic. De l'arsenic métallique pur se refroidit au contraire très promptement et cesse de répandre des vapeurs dès qu'on éloigne la source de chaleur qui l'avait enflammé.

IV. *Minéral problématique approchant peut-être de l'arséniure de bismuth, provenant de Wolfgang-Maassen, près Schneeberg.*

Ce minéral, trouvé depuis 14 ans, est placé auprès

de bismuth dans le Muséum d'Histoire naturelle de l'université de Moscou, 3e partie, tome II, 1827, p. 321, me fut donné par M. Freiesleben pour en faire l'analyse. Il était compact, de couleur brune hépatique ; son éclat était faible et demi-métallique ; sa cassure n'était pas nette ; il paraissait avoir une assez forte densité, et être mélangé de corps étrangers. Une analyse détaillée qui en a été faite, a fait voir que c'était un oxide naturel de bismuth mêlé avec du quartz ferrugineux.

V. *Antimoine oxidé natif de Braunsdorf.*

Les caractères extérieurs de ce minéral l'avaient fait placer par Mohs dans une série qui ne renferme que des sels, ce qui pouvait faire croire avec quelque vraisemblance qu'il ne renfermait pas seulement de l'oxide d'antimoine pur, comme Klaproth et Vauquelin l'avaient reconnu, mais qu'il s'y trouvait aussi un corps électro-négatif qu'on aurait négligé de rechercher dans la première analyse du minéral dont il s'agit.

C'est pour cette raison, et parce que Hacquet pensait avoir trouvé de l'acide muriatique dans ce minéral, que je voulus en faire un nouvel examen. M. Breithaupt eut la bonté de m'en procurer des échantillons parfaitement purs de Braunsdorf et de Przibram en Bohême. Cette analyse, dans laquelle on fit attention à la présence du chlore, du fluor, du sélénium, du phosphore et des acides sulfurique et chrômique, m'apprit que la chaux d'antimoine ne se compose que d'oxide d'anti-

moine pur (1). Les détails se trouveront dans un des prochains cahiers des *Annales de Poggendorf.*

VI. *Fer oxidé hydraté de Willsdruff.*

Il y a quelques années que j'eus occasion de faire l'analyse d'un oxide de fer hydraté qu'on avait trouvé à cette époque à Willsdruff. L'échantillon dont je me suis servi était bien pur et exempt de tout minéral étranger. Je vais en présenter brièvement les résultats qui ne sont pas sans quelque intérêt.

100 parties ont donné :

62,933	oxide rouge de fer,
22,200	silice,
1,838	alumine,
1,325	acide phosphorique,
10,412	eau,
1,292	traces de manganèse et perte.
100,000	

On a opéré la séparation de l'acide phosphorique de l'oxide de fer par l'hydrosulfate sulfuré d'ammoniaque, celle de la silice et de l'alumine, en fondant avec la potasse caustique, etc.

---

(1) Les intéressantes observations de Wöhler sur la dimorphie et l'isomorphie de l'acide arsenieux et de l'oxide d'antimoine pourraient aussi confirmer ce qu'on vient de lire d'une manière indirecte. (*Poggendorf.*)

Les données de l'analyse qui précèdent pourraient faire conclure que ce qu'on appelle oxide de fer hydraté est un schiste siliceux imprégné d'oxide de fer hydraté. Il est remarquable que dans ce minéral l'oxide de fer et l'eau se trouvent en quantités telles, que l'oxigène de la première est un multiple de 2 de celles que renferme l'eau, ou bien que 2 équivalens d'oxide de fer sont combinés à 3 d'eau. Quant à la quantité d'acide phosphorique qui se trouve dans ce minerai de fer, la présence de cet acide est aussi peu surprenante que sa formation est difficile à expliquer ; d'abord, parce que ce minerai de fer se rencontre dans du schiste siliceux, formation où l'on trouve très souvent des phosphates pour minéraux accompagnateurs.

Cette remarque, on peut l'appuyer sur plusieurs faits. Ainsi à Diensberg, près Giessen, on trouve du phosphate d'alumine hydratée (wavellite) dans du schiste siliceux ; il s'en trouve aussi à Springhill en Irlande, près de Frankenberg à peu de distance de Freyberg, à Calaits près OElnitz et en Silésie. L'acide phosphorique se forme continuellement à la surface de la terre ; ce nouveau produit ordinairement ne se montre pas isolé, mais se divise dans la couche pierreuse de la surface et se perd dans les masses plus poreuses ; aussi l'on trouve des terres arables qui sont faiblement pénétrées souvent à plusieurs pieds de profondeur d'acide phosphorique ou de phosphates. Il en est autrement lorsque l'acide se forme dans le voisinage de schistes siliceux. Il ne peut dans ce cas y avoir de pénétration chimique dans la masse ; la compacité extraordinaire de cette for-

mation, la propriété de ne se point effleurir, le manque absolu d'affinité et l'action répulsive de son principal corps constituant pour l'acide phosphorique se réunissent pour s'opposer à ce que les schistes ne s'en emparent; aussi n'y a-t-on point encore trouvé d'acide phosphorique; mais comme ces schistes se fendent très facilement dans tous les sens, il se peut que les liquides contenant de l'acide phosphorique remplissent les fentes et les cavités, s'y condensent, s'y arrangent d'après les lois des forces, et se présentent ensuite sous une nouvelle forme comme de nouveaux corps minéraux dont le peu de consistance rappelle la récente origine. C'est ainsi que l'on trouve la wavellite dans les divers endroits que nous avons nommés, et toujours sur les parois des crevasses du schiste siliceux. Ces faits suffisent pour soutenir ce que l'on a énoncé sur la présence des phosphates dans les formations de roches.

VII. *Acide muriatique dans des spaths fluors.*

En examinant les résultats de la décomposition du phosphate brun de plomb, je conçus le désir de continuer les recherches que l'on a commencées sur les substitutions isomorphes dans le règne minéral, et comme le chlore et le fluor se remplacent souvent dans la combinaison dans un rapport indéterminé, je soupçonnai que ce phénomène se présenterait aussi dans les spaths fluors. Mes expériences ont confirmé cette idée. J'ai constaté la présence de petites quantités de chlore ou d'acide hydrochlorique dans plusieurs variétés bleues

de spath de Marienberg et dans quelques-unes de Freyberg.

J'ai le dessein de continuer ces recherches.

(*Poggend. Annalen. der Phys.*)

Sur *la Créosote et sur sa Composition chimique.*

M. le docteur Reichenbach a enrichi l'histoire de la distillation sèche des substances organiques de la découverte d'un nouveau corps qui est du plus haut intérêt pour les chimistes, à cause du grand nombre de ses propriétés chimiques, et qui, comme principe constituant de la fumée et de l'acide pyroligneux, deviendra d'une haute importance dans l'économie domestique. Les propriétés médicinales de ce corps le feront aussi employer avec succès dans la médecine.

Sa préparation offre jusqu'à présent beaucoup de difficultés, mais elle se simplifiera sans doute beaucoup quand on connaîtra mieux ses propriétés. M. Reichenbach l'a retiré de l'huile de l'acide pyroligneux et du goudron de bois. Les procédés qu'il a suivis sont un peu différens sur l'une ou sur l'autre de ces substances.

Dans de l'acide pyroligneux impur, à une température de 70 à 80°, on dissout autant de sulfate de soude que cet acide peut en prendre; au bout d'un certain temps, on sépare l'huile qui a été isolée par l'opération précé-

dente et qui surnage, on laisse reposer cette huile pendant quelques jours pour séparer une nouvelle quantité d'acide pyroligneux et de sulfate de soude, ensuite on sature à chaud par du carbonate de potasse jusqu'à ce qu'il ne se forme plus d'effervescence. Il se sépare une huile épaisse que l'on distille avec de l'eau, on obtient une huile d'un jaune pâle que l'on agite à plusieurs reprises avec de nouvelles portions d'acide phosphorique étendu, on laisse la liqueur se reposer, on lave à l'eau jusqu'à ce que celle-ci ne manifeste plus de réaction acide, et enfin on distille dans une cornue avec une nouvelle quantité d'eau chargée d'acide phosphorique, en ayant soin de cohober de temps en temps. On obtient dans le récipient une huile incolore que l'on dissout dans une dissolution de potasse caustique de la densité de 1,12, on enlève l'eupione qui surnage, on laisse la liqueur exposée au contact de l'air dans un large vase; l'huile devient brune par l'oxidation d'une substance étrangère qu'elle renfermait, on sature par l'acide sulfurique, et on enlève pendant qu'elle est encore chaude, l'huile qui se trouve ainsi de nouveau isolée, enfin on la distille; il reste dans la cornue un résidu bitumineux. La dissolution dans l'alcali caustique et les opérations suivantes doivent être répétées jusqu'à ce que l'huile ne brunisse plus à l'air, mais ne prenne plus qu'une teinte légèrement rougeâtre; on distille l'huile dans une cornue avec une dissolution de potasse caustique plus concentrée; on continue la distillation tant que la liqueur passe claire, enfin on rectifie le produit en le distillant de nouveau dans une petite cornue. On rejette les pre-

mières parties qui renferment beaucoup d'eau, et l'on ne recueille que les dernières qui sont de la créosote pure. Dans toutes ces distillations il faut éviter qu'il ne se condense des gouttelettes sur les parois de la cornue, parce qu'elles pourraient ensuite se décomposer par l'action du feu ; il ne faut pas non plus pousser l'évaporation trop loin.

On extrait la créosote du goudron en distillant celui-ci jusqu'à la consistance de la poix des cordonniers. La liqueur distillée se divise ordinairement en deux parties séparées l'une de l'autre par une couche d'eau, on ne recueille que la partie inférieure. Si la séparation ne se fait pas bien, il faut continuer la distillation jusqu'à ce que l'huile qui passe tombe au fond de l'eau, ensuite changer le récipient et ne cesser de distiller que lorsqu'on voit apparaître des vapeurs blanches de paraffine ; on sature la liqueur distillée avec du carbonate de potasse, on la laisse reposer et l'on décante l'huile qui surnage. Cette huile est distillée de nouveau, mais on ne recueille encore que les parties qui passent en dernier et qui tombent au fond de l'eau ; on traite ensuite par l'acide phosphorique étendu, etc., etc. Le reste de la préparation s'achève comme celle au moyen de l'acide pyroligneux brut. Les deux produits huileux que l'on obtient par ces deux procédés sont parfaitement identiques. Dans le traitement de l'acide pyroligneux on se débarrasse plus facilement de la paraffine et de l'eupione, mais on a beaucoup de peine à séparer des matières colorantes empyreumatiques. Le goudron de bois donne une plus grande quantité de créosote et la

préparation va plus vite, mais elle exige beaucoup de précautions.

La créosote obtenue de cette manière jouit des propriétés suivantes :

C'est un liquide oléagineux, incolore, transparent et fortement réfringent. Son odeur est très pénétrante et désagréable ; elle ressemble à celle du castoréum ou plutôt à celle de la viande fumée ; sa saveur est très caustique et brûlante, la langue en est altérée instantanément. Il est un peu gras au toucher ; sa consistance est celle de l'huile d'amandes. A une pression de $0^{m},722$ et à une température de 20°, sa densité est 1,037. Il entre en ébullition à une température de 203° sous une pression de $0^{m},720$, la température extérieure étant de 20°. Il résiste à une température de — 27° sans se congeler. Il tache le papier, mais ces taches disparaissent au bout de quelques heures ; elles disparaissent très promptement en soumettant ce papier à l'action d'une douce chaleur. Quelques gouttes versées sur une plaque de verre se sont évaporées complètement au bout de quelques jours. A la lampe il brûle avec une flamme très rutilante. Il ne conduit pas l'électricité.

A une température de 20°, la créosote forme deux combinaisons différentes avec l'eau ; la première est une dissolution de $\frac{1}{4}$ de partie de créosote dans 100 parties d'eau ; l'autre, au contraire, est une dissolution de 10 parties d'eau dans 100 parties de créosote.

Les teintures de tournesol et de cucurma ne sont pas altérées par la dissolution de créosote. Cette substance n'est neutralisée ni par les acides ni par les alcalis. Mal-

gré sa neutralité, elle forme un grand nombre de composés tant avec les acides qu'avec les bases.

M. le docteur Reichenbach a fait un grand nombre d'expériences tant avec la dissolution de la créosote dans l'eau, qu'avec la créosote concentrée. Nous rapporterons ici les observations les plus remarquables.

La créosote concentrée dissout l'oxide de cuivre en prenant une couleur d'un brun chocolat; elle réduit l'oxide de mercure à l'état métallique à la température de l'eau bouillante, et se change alors en une matière résineuse qui ne renferme plus de créosote.

Avec l'acide nitrique, elle forme des vapeurs rutilantes très abondantes. Elle dissout très bien l'iode et le phosphore; le soufre s'y dissout lentement à froid, mais à chaud 37 parties peuvent entrer en dissolution et former un liquide rouge-brun. Par le refroidissement, la plus grande partie du soufre se dépose en cristaux.

Le potassium se dissout dans la créosote en développant des bulles d'air; la potasse formée reste combinée avec la créosote qui a pris une consistance très sirupeuse; elle peut être séparée sans être altérée par la distillation.

Un petite quantité d'acide sulfurique concentré colore la créosote en rouge; une plus grande quantité développe une couleur noire et lui ôte sa fluidité; l'acide sulfurique est lui-même altéré; il se dépose du soufre que l'on peut séparer par la distillation.

De tous les acides organiques, c'est l'acide acétique qui jouit de la plus grande affinité pour la créosote. Ces deux substances se dissolvent l'une dans l'autre en toutes

proportions. Cet acide peut être le véritable dissolvant de la créosote. D'autres acides organiques à l'état cristallisé se dissolvent dans la créosote tant à froid qu'à chaud : quand ils ne se dissolvent qu'à chaud, ils se séparent par le refroidissement.

La créosote forme deux combinaisons différentes avec la potasse, l'une, qui est anhydre, offre une consistance oléagineuse ; l'autre renfermant de l'eau formée des petites paillettes cristallines blanches et nacrées. La créosote est dégagée de ces combinaisons sans altération par les acides même les plus faibles, comme l'acide carbonique. Elle se comporte de la même manière avec la soude.

La créosote se combine très bien avec la chaux et la baryte et forme une matière blanche onctueuse soluble dans l'eau. A l'état sec, cette matière forme une poudre d'un rose pâle. L'ammoniaque se dissout instantanément à froid dans la créosote. Cette substance l'accompagne ordinairement, et il est difficile de l'en séparer.

La créosote dissout très bien un grand nombre de sels alcalins, terreux et métalliques, tant à froid qu'à chaud ; quelques-uns de ces sels se trouvent réduits, mais le plus grand nombre se sépare sans altération par le refroidissement ; exemples : les acétates de potasse, de soude, d'ammoniaque, de plomb, de zinc, les chlorures de calcium, d'étain, etc., etc. Avec l'acétate de cuivre, elle opère d'abord une décomposition, ensuite elle dissout séparément l'acide et la base en formant un liquide brun. Elle réduit l'acétate d'argent ; le métal se préci-

pite à l'état d'une poudre blanche qui prend l'éclat métallique sous le brunissoir. Elle réduit également à chaud le nitrate d'argent.

L'alcool, l'éther, le sulfure de carbone, l'eupione, le naphte et l'éther acétique se combinent en toute proportion avec la créosote.

Les résines et les matières colorantes résineuses sont décomposées, quelques-unes à froid, d'autres à chaud. Mise à digérer avec l'indigo, elle lui enlève l'indigotine, mais elle abandonne cette substance quand on ajoute de l'alcool et de l'eau. Elle coagule l'albumine.

Mais la plus importante propriété de la créosote est sa propriété d'empêcher la corruption. De la viande fraîche, et même du poisson, trempée pendant un quart d'heure ou une demi-heure dans une dissolution de créosote ne pourrissent plus et sèchent complètement quand on les expose au soleil. M. Reichenbach déduit de là avec raison que c'est à la présence de la créosote que la fumée doit sa propriété de préserver de la corruption, et il pense que cette matière deviendra par la suite d'un grand intérêt pour la marine, la guerre, et même l'économie domestique, quand on aura des moyens d'enlever à la viande la mauvaise odeur que lui communique la créosote. Il a fait un grand nombre d'expériences pour déterminer la manière dont la créosote agissait dans cette circonstance; il en a conclu qu'elle agissait en coagulant l'abumine et l'empêchant ainsi de se corrompre, et que la fibrine isolée paraissait ne pas entrer en putréfaction.

La créosote agit comme poison sur l'organisation animale. Mise à l'état concentré sur la peau, elle en dé-

truit l'épiderme en très peu de temps; quand elle est étendue, elle peut faire périr des petits animaux, comme des poissons, etc., etc. Les plantes périssent quand on les arrose avec la dissolution de créosote.

Les médecins connaissent déjà depuis long-temps les vertus médicinales de l'acide pyroligneux, de l'huile de Dippel, et depuis peu de temps celle de la substance appelée *aqua empyreumatica*. On soupçonna que ces substances devaient leurs propriétés à la présence de la créosote, et l'on fit plusieurs expériences à ce sujet. On essaya, par exemple, sur plusieurs cas invétérés de carie, et ces expériences ont été couronnées d'un plein succès. M. le professeur Ritgen a entrepris avec M. le docteur Trapp des recherches desquelles il est résulté que l'injection d'une dissolution de créosote opérait les résultats les plus satisfaisans dans les cas de caries. M. le docteur Trapp se prépare à pousser plus loin ses expériences. La créosote est par conséquent d'une grande utilité dans la médecine, et il est à désirer que sa préparation soit simplifiée par l'auteur.

M. le docteur Reichenbach m'a envoyé une certaine quantité de créosote pour en faire l'analyse élémentaire. La substance était tout-à-fait incolore et transparente, mais au bout de quelques mois, elle prit une teinte légèrement jaunâtre. M. le docteur Reichenbach, malgré toutes les précautions possibles, n'a pu obtenir la matière complètement anhydre, de sorte qu'il est impossible d'établir une formule chimique d'après les résultats de l'analyse. Cette analyse a été faite par M. Ettling,

connu par ses recherches sur la cire d'abeilles et par son analyse de l'acide valérianique.

Il a obtenu par la combustion de

0,520 créosote,	1,421 acide carbonique,	0,364 d'eau.
0,429	1,191	0,301

Ce qui donne pour 100 parties :

I.	II.	
75,561	76,757	carbone,
7,778	7,780	hydrogène,
16,661	15,463	oxigène.

La formule qui paraît s'appliquer le mieux à ces résultats est la suivante :

$$C^7\ H^9\ O,$$

qui donne pour la composition de la substance :

77,42	carbone,
8,12	hydrogène,
14,46	oxigène.
100,00	

La créosote soumise à l'analyse paraîtrait d'après cela avoir retenu encore 3 pour 100 d'eau. La formule qui correspond à l'analyse est celle-ci :

$$C^{15}\ H^{25}\ O^4.$$

(J. L.)

Sur *la Précipitation de l'Antimoine de ses dissolutions par l'Acide hydrosulfurique.*

M. Duflos avait avancé dans le nouveau journal de Schweigger, VII, 269, que l'antimoine précipité de ses chlorures par l'acide hydrosulfurique retenait constamment une certaine quantité de chlore, lors même que l'acide hydrosulfurique était en grand excès dans la dissolution.

Cette assertion jetant de l'incertitude sur les analyses nombreuses des combinaisons de l'antimoine faites par M. Rose, cet habile chimiste s'est déterminé à revoir le procédé qu'il avait employé et qui consiste à dissoudre les chlorures dans l'eau avec l'acide tartrique et à précipiter l'antimoine à l'état de sulfure au moyen de l'acide hydrosulfurique. Il a constaté de nouveau que ce procédé était très exact, et qu'on retrouvait à $\frac{1}{400}$ près tout l'antimoine que l'on avait employé. La quantité de chlore retenue par le chlorure était à peine sensible et pouvait sans aucun doute être attribuée à la difficulté de laver complètement un précipité volumineux comme le sulfure d'antimoine.

Il est cependant possible, et même certain, puisque L. Gmelin l'avance, d'obtenir une combinaison du chlorure d'antimoine avec le sulfure, lorsqu'on ne fait arriver dans la dissolution d'antimoine qu'une quantité d'hydrogène sulfuré insuffisante pour le précipiter.

Mais on ne peut se méprendre sur les propriétés de cette combinaison qui devient noire sur le bain de sable en exhalant des vapeurs de chlorure d'antimoine, et sur celles du sulfure pur obtenu par voie humide avec un excès d'hydrogène sulfuré.

Annalen der Physik, etc., XXVIII, 481.

La note sur *la Décoloralion de l'iodure d'amidine*, insérée dans un des derniers numéros des *Annales*, est de M. Lassaigne.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	755,90	+21,0	50	755,75	+23,7	49	755,08	+22,7	49	755,27	+13,0	95	+23,7	+13,0	Nuageux.	S. O.
2	756,88	+18,8	40	756,57	+20,5	48	756,43	+18,8	45	757,70	+14,0	55	+20,5	+10,5	Nuageux.	O. S. O.
3	758,55	+18,0	40	758,37	+20,2	40	758,74	+22,0	40	761,02	+13,2	68	+22,0	+11,2	Nuageux.	O. N. O.
4	762,24	+19,3	50	761,70	+23,5	41	760,00	+23,5	40	761,28	+17,3	70	+24,0	+ 8,8	Très-nuageux.	S. O.
5	759,80	+21,2	50	758,20	+22,7	40	756,52	+23,2	45	754,77	+20,0	70	+23,2	+12,7	Nuageux.	E. S. E.
6	753,63	+22,5	40	748,77	+23,8	46	747,30	+25,3	45	746,52	+20,0	51	+25,3	+14,3	Beau.	E.
7	748,25	+18,0	90	749,05	+16,7	98	749,75	+19,7	76	751,15	+16,2	89	+19,7	+16,2	Pluie.	O.
8	752,80	+18,8	64	753,22	+23,5	55	753,25	+22,3	50	755,04	+17,1	73	+22,5	+12,7	Voilé.	N. E.
9	755,10	+17,7	99	755,70	+18,0	89	755,92	+18,0	88	757,30	+15,0	81	+18,0	+13,5	Couvert.	N. O.
10	756,73	+17,5	40	755,98	+22,0	52	755,32	+23,5	45	755,87	+17,3	70	+23,5	+13,2	Nuageux.	N. O.
11	755,08	+19,0	86	754,47	+23,0	68	754,00	+19,2	88	753,80	+16,0	98	+23,0	+15,2	Couvert.	O N. O.
12	752,87	+20,0	60	751,70	+23,3	51	750,84	+19,0	72	750,24	+16,0	85	+23,3	+12,3	Très-nuageux.	S.
13	751,00	+17,2	72	751,27	+20,5	70	752,40	+18,7	72	754,88	+15,0	92	+20,5	+11,5	Nuageux	N.
14	756,04	+19,5	52	755,88	+23,0	65	755,56	+23,1	52	755,60	+17,0	80	+23,1	+13,3	Nuageux.	O.
15	755,02	+18,2	72	755,17	+22,5	60	755,24	+21,7	61	757 10	+17,5	68	+22,5	+14,7	Nuageux.	N.
16	759,73	+19,5	45	759,80	+21,8	51	759,45	+22,5	48	760,65	+18,0	68	+22,5	+14,0	Nuageux.	N.
17	763,25	+20,7	50	761,60	+23,7	53	761,10	+25,0	45	761,30	+19,5	61	+25,1	+13,0	Nuageux.	N.
18	761,03	+22,8	40	760,20	+25,3	45	759,17	+27,0	42	758,04	+22,0	65	+27,0	+14,8	Nuageux.	E. N. E.
19	755,20	+24,5	54	754,20	+26,7	50	753,00	+27,5	42	753,00	+19,1	74	+27,5	+18,2	Nuageux.	O. N. O.
20	751,20	+20,6	78	750,30	+23,8	72	749,45	+23,8	62	749,60	+16,5	80	+23,8	+16,3	Couvert.	O. S. O.
21	751,40	+17,7	82	751,28	+20,6	60	751,60	+17,7	50	754,90	+12,7	72	+20,6	+12,7	Très nuageux.	N. O.
22	756,60	+19,8	40	756,02	+21,5	48	754,96	+19,8	60	753,68	+19,0	90	+21,5	+10,8	Couvert.	S. O.
23	754,76	+23,0	64	754,33	+26,2	53	753,60	+25,7	60	755,93	+17,2	80	+26,2	+16,5	Nuageux.	S. O.
24	759,70	+20,0	50	759,96	+22,0	46	759,90	+21,9	42	761,72	+14,3	54	+22,0	+11,0	Nuageux.	O.
25	764,04	+19,2	40	764,12	+23,7	40	763,60	+23,7	40	764,68	+16,7	62	+23,7	+11,2	Nuageux.	O.
26	764,58	+21,0	40	763,65	+23,0	54	762,70	+22,5	41	762,33	+18,8	56	+23,0	+11,5	Nuageux.	N. E.
27	762,60	+22,0	40	762,00	+24,2	47	761,44	+26,7	40	762,20	+21,0	54	+26,7	+13,0	Nuageux.	N. E.
28	762,70	+20,0	83	761,85	+23,5	67	761,03	+23,1	66	760,97	+18,8	66	+23,5	+16,0	Beau.	N.
29	760,60	+20,7	45	759,84	+25,6	52	759,15	+25,4	48	759,90	+20,7	52	+25,4	+13,7	Nuageux.	N. E.
30	761,82	+21,3	40	761,63	+24,5	41	761,00	+25,8	40	762,62	+20,0	70	+25,8	+14,8	Nuages clairs.	E. N. E.
31	763,74	+18,2	50	763,07	+21,0	52	762,00	+21,6	52	762,43	+16,5	65	+21,6	+15,5	Voilé.	N.
1	755,99	+19,5	54	755,33	+21,4	56	754,83	+21,9	52	755,60	+16,3	72	+22,3	+12,6	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en cent.
2	756,04	+20,2	61	755,46	+23,4	59	755,02	+22,7	58	755,42	+17,7	77	+23,8	+14,3	Moyennes du 11 au 20.	Cour. 3,880
3	760,23	+20,2	52	759,80	+23,3	51	759,18	+23,1	49	760,12	+17,8	66	+23,6	+13,3	Moyennes du 21 au 30.	Terrasse, 3,660
	757,51	+19,9	56	756,96	+22,7	55	756,44	+22,6	53	757,48	+17,3	71	+23,2	+13,4	Moyennes du mois.	+ 18,3.

Mémoire *sur la Constitution des Veines liquides lancées par des orifices circulaires en mince paroi;*

Par Félix Savart.

Je me propose, dans ce Mémoire, de déterminer, en général, c'est-à-dire abstraction faite de mesures précises, la forme et la constitution des diverses parties des veines lancées par des orifices circulaires pratiqués en mince paroi.

Pour saisir le phénomène dans sa plus grande simplicité, j'examinerai d'abord, et dans tous ses détails, le cas où la veine est lancée verticalement de haut en bas par un orifice placé au centre du fond plan et horizontal d'un vase cylindrique qui se vide librement. Ensuite j'étendrai ce genre de recherches au cas plus compliqué où la veine est lancée horizontalement, et même à celui où elle est lancée obliquement de bas en haut.

§ Ier.

Il n'est personne qui n'ait observé que les veines liquides, lancées verticalement de haut en bas, se composent de deux parties d'un aspect très différent : que l'une, celle qui touche à l'orifice, est limpide, transparente, et en apparence immobile; que la seconde, qui est d'un plus grand diamètre, a un aspect louche, comme laiteux, et qu'elle est recouverte de nodosités qui changent continuellement de forme et de position.

La partie limpide des veines lancées verticalement de haut en bas se présente à l'œil sous la forme d'un solide de révolution dont le diamètre, d'abord égal à celui de l'orifice, va en décroissant, suivant une loi très rapide, jusqu'à une petite distance, et ensuite de plus en plus lente jusqu'au point où naît la partie trouble et agitée. Nulle part cette portion du jet ne paraît cylindrique, et, à plus forte raison, ne laisse-t-elle apercevoir de traces de renflement; en un mot, il n'est aucun point de son étendue dont on puisse considérer le diamètre comme une limite, et auquel on puisse par conséquent appliquer l'expression de section contractée. C'est là, du moins, ce qu'on observe avec des orifices dont le diamètre n'est pas moindre que un à deux millimètres, ni plus grand que deux à trois centimètres, et pour des pressions qui n'excèdent pas cinq mètres.

La partie trouble et gonflée de la veine, considérée dans son ensemble et dans une assez grande étendue, a une forme déterminée qu'on n'avait pas encore aperçue (fig. 1[re]) : elle présente des renflemens ou ventres (v, v', v'',...) régulièrement espacés qui ont l'aspect de fuseaux allongés dont la surface est irrégulière et onduleuse, et dont l'intérieur, à en juger à la simple vue, paraît formé de lames liquides d'une extrême minceur qui se détacheraient successivement de la partie limpide du jet et qui auraient la forme de tuyaux concentriques renflés par le bas, distans les uns des autres dans leur partie moyenne, mais unis entre eux de telle manière que la base du premier tomberait sur le renflement du second, celle du second sur le renflement du troisième, et ainsi de suite.

La moitié supérieure du ventre le plus élevé $n\,\nu$, enveloppe l'extrémité inférieure du jet limpide $a\,b$, qui se perd insensiblement, à peu près au milieu de ce même ventre en b, et qui, au-dessous de ce point, semble se transformer en un tuyau creux $b\,o$ d'un plus grand diamètre, qui règnerait dans toute l'étendue de la partie trouble, en devenant de plus en plus diaphane, à mesure qu'il s'éloignerait du point où il prend naissance, et dont le diamètre serait un peu moindre que celui des nœuds n, n', n'', n'''......

Les figures 7 et 8 représentent sur une plus grande échelle le premier et le deuxième ventres d'une veine avec tous les détails de forme et de constitution que l'inspection directe semble y faire reconnaître.

La longueur et le diamètre de ces ventres sont d'autant plus considérables que la charge est plus forte et que l'orifice a un plus grand diamètre. Pour fixer les idées sur les dimensions de ces diverses parties d'une veine, je dirai que, pour une charge de 12 cent. et un orifice de 6 millim. de diamètre, la longueur de la partie limpide de la veine est environ de 60 c., celle des ventres de 30 c., leur diamètre de un centim., et celui des nœuds de 7 à 8 millimètres.

Lorsque l'eau contenue dans le vase est parfaitement calme, et que l'orifice a été travaillé avec soin, la forme de la veine, telle que nous venons de la décrire, est facile à constater, même avec de l'eau pure ; mais les particularités du phénomène sont d'une observation plus commode lorsque l'eau est d'une teinte foncée, par exemple, lorsqu'elle a été colorée avec une dissolution d'indigo dans l'acide sulfurique. L'apparence lamelleuse

des ventres de la partie trouble et le tuyau qui paraît en occuper l'axe s'aperçoivent très bien lorsqu'on regarde la veine obliquement de bas en haut, et qu'elle est fortement éclairée, par exemple, par les rayons directs du soleil.

Cette disposition générale de la veine est indépendante du diamètre, de l'orifice et de la hauteur du liquide dans le réservoir; on l'observe pour des orifices de un millimètre de diamètre, de même que pour des orifices de deux à trois centimètres pour des charges de trois ou quatre centimètres, de même que pour des charges de quatre ou cinq mètres.

§ II.

Il semble donc résulter de l'inspection directe qu'un jet liquide se compose d'une partie pleine, d'un tuyau très mince qui en serait la suite, et de ventres lamelleux à peu près équidistans ; mais une disposition si extraornaire existe-t-elle réellement, et ce qu'on voit ne serait-il pas le résultat d'une illusion d'optique? En effet, si l'on regarde le jet obliquement de haut en bas, il se présente sous un autre aspect que quand on le regarde en sens contraire ; et la manière dont il est éclairé influe aussi beaucoup sur la forme qu'on croit devoir lui attribuer. Bien plus, si l'on fixe un point élevé du jet et qu'on abaisse brusquement les yeux de manière à suivre le mouvement du point que l'on considère, au lieu de la partie trouble, on n'aperçoit plus que de très grosses gouttes placées verticalement les unes au-dessus des autres et laissant entre elles des espaces vides huit

ou dix fois plus grands que le diamètre des gouttes, d'où il semblerait résulter que la continuité du jet n'est pas réelle, et que l'apparence qu'il présente est due à la persistance de la sensation produite sur la rétine par le passage successif de gouttes espacées d'une certaine manière, et subissant, dans leur chute, des changemens de forme périodiques, susceptibles, par leur retour à des distances déterminées de l'orifice, de nous donner la sensation de la présence d'un corps qui n'existe réellement point.

Une fois soupçonnée, l'existence d'un tel fait devenait facile à vérifier; car, en substituant à l'eau un liquide opaque, du mercure, par exemple, les parties du jet qui paraissent être formées par des lames minces devaient alors paraître entièrement pleines; ainsi le tuyau central devait paraître plein comme la partie du jet qui touche à l'orifice; mais, au contraire, un jet de mercure, qui se présente d'ailleurs sous la même forme qu'une veine d'eau, paraît translucide dans toute la partie de son étendue qui est située au-dessous du milieu du ventre le plus élevé de la partie trouble, et les corps les plus déliés s'aperçoivent très distinctement à travers son épaisseur. Ainsi il n'est nullement douteux qu'à partir du point où le jet cesse d'être limpide et calme, il cesse également d'être continu, ce qu'on peut encore prouver en observant qu'un corps mince et étroit qu'on fait passer rapidement à travers la partie trouble et perpendiculairement à son axe n'est presque jamais mouillé.

§ III.

Pour découvrir maintenant comment des gouttes qui parcourent une même verticale, à la suite les unes des autres, peuvent, en passant au devant de l'œil, nous donner la sensation de l'existence d'un jet continu présentant des renflemens uniformément espacés, et toutes les particularités que nous avons décrites plus haut, il est clair qu'il faut diminuer assez la vitesse de l'écoulement pour qu'il n'ait plus lieu que goutte à goutte, afin de pouvoir examiner, d'une part, ce qui se passe dans la partie du jet qui touche à l'orifice, et, de l'autre, les changemens de forme éprouvés par les gouttes pendant leur chute.

Ce but peut être facilement atteint au moyen de l'appareil représenté fig. 9, et qui se compose d'un vase cylindrique A B, dont le fond supérieur porte un robinet à entonnoir R, par lequel on introduit le liquide, et dont le fond inférieur est percé d'un orifice *o* de deux à trois millimètres de diamètre auquel est adapté un tube de verre *od* d'un centimètre de diamètre environ, et de six à sept centimètres de longueur. Ce vase étant préalablement rempli de liquide, et le robinet étant fermé, la pression atmosphérique et la capillarité de l'orifice *o* empêchent que l'écoulement n'ait lieu, mais si l'on ouvre un peu le robinet, de manière qu'un très mince filet d'air puisse s'introduire continuellement dans le vase, alors l'écoulement s'établit aussitôt, et l'on peut, à volonté, obtenir une succession de gouttes plus ou moins éloignées les unes des autres, et dont le diamètre

est toujours à peu près le même, parce que, se détachant de l'extrémité inférieure *d* du tube de verre, elles se forment toutes dans des conditions qui sont toujours les mêmes, ce qui n'arriverait pas si l'orifice était pratiqué en mince paroi, vu que, pour une si faible vitesse d'écoulement, le liquide adhérerait au pourtour de l'orifice, et dans une étendue qui varierait continuellement.

Ce vase étant solidement assujetti, au moyen d'un support disposé pour que l'orifice soit au moins à un ou deux mètres du sol, on règle l'ouverture du robinet de manière que les gouttes ne se succèdent qu'à des intervalles de temps d'environ un cinquième de seconde, ce dont on peut juger avec assez de facilité par le bruit périodique qui résulte de leur choc successif contre l'eau contenue dans le vase qui les reçoit. Enfin on dispose, derrière la verticale qu'elles parcourent, un écran noir dont le plan doit être lui-même vertical et parallèle à la direction des rayons de lumière qui tombent sur l'appareil. Tout étant ainsi disposé, si l'on se place en face de l'écran, on aperçoit, au lieu de gouttes détachées, un jet continu tellement diaphane qu'on serait tenté de le prendre pour un tuyau liquide à parois très minces. Ce jet apparent présente des renflemens des ventres dont la longueur est d'autant plus considérable qu'ils sont plus éloignés de l'orifice, mais avec cette particularité que le second est presque double du premier, et qu'ensuite l'accroissement de longueur va toujours en diminuant, de telle sorte qu'il semblerait qu'à une certaine distance ils parviennent à une longueur égale et constante (fig. 11).

Pour un tube de 10 millim. de diamètre, ces ventres ont environ 7 millim. de diamètre et les nœuds 5 millim. Dans une hauteur de 170 c. on compte quatorze de ces renflemens, le premier a 3c,5 de longueur, le second 5 c., le troisième 6c,5, les suivans vont en augmentant graduellement de longueur jusqu'aux douzième, treizième et quatorzième qui paraissent à peu près égaux, et qui ont environ 17 à 18 c. de longueur.

Quand le jet apparent est bien éclairé et qu'on le regarde un peu obliquement de haut en bas, la courbure des ventres, du côté opposé à celui par lequel pénètre la lumière, se montre sous l'aspect d'une série d'arcs très brillans disposés verticalement les uns au-dessus des autres; et l'on reconnaît en outre que l'axe du jet apparent est occupé, dans toute sa longueur, par un autre jet semblable d'un diamètre beaucoup moindre, qui présente aussi une série de ventres ou renflemens, mais très courts et très peu saillans, qui ne deviennent visibles que quand le jet est éclairé par la lumière directe du soleil; car, sans cette condition, ce jet intérieur paraît sensiblement cylindrique.

Si l'on examine ensuite attentivement les circonstances de la formation des gouttes, on voit distinctement que le liquide s'accumule peu à peu à l'orifice du tube, en affectant la forme d'une petite masse arrondie par le bas (*a a'*, fig. 10), et qui va en grossissant jusqu'à une certaine limite, passée laquelle, elle s'allonge subitement (*b b'*) pour projeter une goutte de cinq à six millimètres de diamètre G, constamment suivie d'une seconde goutte d'un diamètre beaucoup moindre *g*, et l'on observe qu'après avoir lancé ces deux gouttes, la

petite masse de liquide qui est restée adhérente à l'orifice, se relève brusquement pour reprendre momentanément sa première forme arrondie, puisqu'elle s'allonge pour se raccourcir encore après, et ainsi de suite, en faisant de véritables oscillations qui durent jusqu'à ce que, son volume augmentant graduellement par l'arrivée du liquide, elle projette de nouveau deux gouttes d'inégal diamètre.

D'un autre côté, on remarque que, quand les gouttes du plus grand diamètre sont sur le point de se détacher, elles sont arrondies par le bas et effilées par le haut, et qu'à l'instant où la séparation s'opère, elles se contractent sur elles-mêmes avec tant d'énergie, qu'elles lancent toujours plusieurs petites gouttelettes dans diverses directions.

L'explication de ces phénomènes découle tout naturellement de leur simple examen : en effet, il est clair, premièrement, que la continuité apparente des deux jets dépend de ce que le temps qui s'écoule entre le passage des gouttes par un même point est moindre que la durée de la sensation que chacune d'elles produit sur la rétine; deuxièmement, que l'apparence des deux jets concentriques est due à ce que les deux séries de gouttes d'inégal diamètre donnent lieu chacune à l'apparence d'un jet distinct; troisièmement, enfin, que les renflemens ou ventres de ces jets apparens dépendent de ce que les gouttes, après s'être contractées sur elles-mêmes, au moment de leur départ, tendent sans cesse, en vertu de la force attractive qui sollicite leurs particules, à affecter une forme sphérique, à laquelle elles ne peuvent cependant parvenir qu'après une suite de con-

tractions et d'allongemens périodiques pendant la durée desquels elles revêtent des formes sans doute très compliquées, mais dont le caractère général doit consister en ce que leur diamètre transversal atteint périodiquement deux limites extrêmes de grandeur. Or, on conçoit sans peine que ces variations périodiques du diamètre transversal des gouttes, ayant lieu pendant leur mouvement de translation, il doit en résulter, attendu la persistance de l'impression faite sur la rétine, l'apparence d'un jet présentant des renflemens espacés d'une manière régulière.

§ IV.

Si nous reportons maintenant notre attention sur les particularités de forme et d'aspect des veines liquides qui coulent d'une manière continue, l'analogie nous conduira à admettre premièrement que les ventres de la partie trouble de ces veines sont produits par une succession de gouttes qui, de même, subissent des changemens périodiques de forme pendant leur chute; deuxièmement, que l'apparence d'un tuyau creux qui ferait suite à la partie pleine du jet est due à ce que les gouttes qui partent de la portion limpide et évidemment continue de la veine sont alternativement de différens diamètres.

Ici l'on peut observer que les ventres qu'on aperçoit lors de l'écoulement goutte à goutte, ne paraissent pas lamelleux comme ceux de la partie trouble d'une veine liquide, et que par conséquent, en supposant que le phénomène doive être attribué à la cause que nous lui assignons, il s'y joint vraisemblablement encore quel-

qu'autre particularité. Mais, en y réfléchissant, on voit bientôt que cette apparence lamelleuse dépend de ce que les ventres engendrés par les gouttes qui se succèdent ne se superposent pas exactement, ce qui provient sans doute de ce que les gouttes n'ont pas exactement le même diamètre, ou plutôt de ce qu'elles ne partent pas toujours du même point de la hauteur de la partie continue du jet.

§ V.

Pour achever d'analyser la constitution de la veine, il ne nous reste donc plus maintenant qu'à déterminer quel est l'état de cette partie où l'extrémité inférieure du jet limpide et plein (*n b*, fig. 1re) est enveloppée par la moitié supérieure du premier ventre de la partie trouble, ou, en d'autres termes, qu'à déterminer les circonstances qui président à la formation des gouttes.

Cette moitié supérieure du premier ventre se présentant à l'œil exactement sous le même aspect que les ventres plus inférieurs, où la discontinuité est manifeste, l'analogie conduit à penser que les gouttes naissent d'abord le long de la partie inférieure du jet limpide, sous forme de renflemens annulaires qui se propagent de haut en bas en augmentant de volume, et qui, arrivés à l'extrémité du jet, s'en détachent périodiquement sous forme de gouttes. La constitution de la veine se trouverait donc complètement dévoilée, si la justesse de cette induction pouvait être établie d'une manière nette par l'expérience. Or, c'est à quoi l'on peut parvenir, au moyen d'un appareil fondé sur ce

principe que, quand deux roues montées sur le même axe tournent en sens contraire, il est de certains rapports de vitesse pour lesquels on aperçoit une roue fixe dont le nombre de rais dépend de celui des rais des roues elles-mêmes, et du rapport des vitesses dont elles sont animées. Ainsi, par exemple, si les vitesses sont égales et de sens contraire, et si le nombre des rais est le même dans les deux roues, on aperçoit une roue fixe dont le nombre des rais est égal à la somme des rais des deux roues. Pour d'autres rapports de vitesses, l'image peut se mouvoir dans le sens de la plus grande vitesse, ou rester fixe, mais en présentant un plus grand nombre de rais. Au contraire, si l'une des roues est immobile et que l'autre continue à tourner, la roue immobile est vue telle qu'elle est, et l'autre ne donne que la sensation d'une surface circulaire faiblement teinte de la couleur propre à ses rais. Enfin, si la roue la plus éloignée de l'œil est pleine, si c'est un simple disque, immobile ou en mouvement, il est évident qu'on n'apercevra jamais d'image composée de rais, soit fixes, soit mobiles. Il suit de là qu'au moyen d'une roue qu'on ferait tourner au devant d'un corps en mouvement, on pourrait déterminer facilement si ce corps est continu ou discontinu, puisque, dans le cas où il serait continu, on n'apercevrait aucune image, et que dans le cas où il serait discontinu, on en apercevrait une, soit fixe, soit mobile, et dont l'aspect dépendrait de la forme du corps, du rapport de sa vitesse à celle de la roue, ainsi que du sens des mouvemens qui pourrait être le même ou contraire. Par conséquent, en faisant tourner au-devant d'une veine liquide une roue d'un diamètre un peu

grand et dont les rais soient peints en blanc, on pourra, par ce moyen, découvrir quelles sont les parties continues et les parties discontinues de cette veine, et juger jusqu'à un certain point de leur forme et de leur étendue. Mais, avec une roue, même d'un grand diamètre, on ne peut examiner qu'une très petite étendue de la veine à la fois, vu que, pour avoir des images qui ne soient pas déformées, il faut disposer la roue de manière qu'il n'y ait que les extrémités de ses rais horizontaux qui viennent successivement passer derrière la veine tandis qu'on la considère. Il était donc tout naturel de substituer à la roue un appareil à bandes parallèles horizontales fixées sur une courroie sans fin, susceptible de se mouvoir dans une direction verticale.

L'appareil dont j'ai fait usage est représenté fig. 12; il se compose de deux cylindres A et B mobiles sur des axes qui traversent les montans MM : l'inférieur porte une poulie B destinée à recevoir une corde qui passe sur une roue motrice qu'on n'a pas représentée dans le dessin et qui imprime au cylindre B un mouvement de rotation dans le sens qu'on désire. Une courroie sans fin CD de couleur noire est passée sur les cylindres A et B; elle est traversée par des bandes parallèles blanches et horizontales d'un centimètre de largeur et écartées de sept centimètres. Par le moyen d'une vis de rappel V, le cylindre supérieur peut se mouvoir parallèlement à lui-même dans le sens vertical, ce qui permet de tendre la courroie sans fin au point convenable. La hauteur totale de l'appareil est de $1^{m},65$, hauteur suffisante pour qu'on puisse examiner la structure de la partie limpide et des deux premiers

ventres de la partie trouble d'une veine lancée par un orifice de 6 millim. sous la charge de 10 centim. Pour que cette expérience réussisse bien, il faut que la courroie sans fin soit bien éclairée et placée à quelques décimètres derrière le jet, et il est indispensable que l'eau soit fortement foncée en couleur.

Ces précautions étant prises, si l'on regarde le jet dans une direction telle qu'il se trouve placé entre l'œil et la courroie, tandis qu'elle est animée d'un mouvement ascensionnel d'une vitesse convenable et qu'on ne peut déterminer que par tâtonnement, on aperçoit une image présentant deux parties bien distinctes, l'une inférieure qui se compose de bandes transversales noires et fixes, et qui correspond à la partie trouble de la veine, l'autre supérieure, correspondant à la partie limpide, qui paraît immobile comme quand on la regarde directement, mais avec cette différence que, vers son extrémité inférieure, ses bords présentent des saillies à peu près uniformément espacées, et qui deviennent d'autant plus fortes qu'elles sont plus voisines de l'extrémité même du jet. Cette dernière partie de l'image correspond à la moitié supérieure du premier ventre de la portion trouble de la veine; et il résulte de là que cette moitié supérieure est formée par des renflemens annulaires qui descendent le long du jet, puisque, sans le secours de l'appareil, elle se montre sous l'aspect d'une enveloppe lamelleuse et flottante, tandis qu'avec l'appareil, elle paraît composée de saillies immobiles et qui se correspondent sur deux arêtes quelconques et opposées de la veine.

La figure 2 représente une veine produite par un orifice de 6 millim. de diamètre sous la charge de 10 c.,

et telle qu'on la voit par ce procédé. En comparant cette figure à celle qui porte le n° 1, et qui représente la même veine vue directement, on s'explique sans peine toutes les particularités de la constitution réelle et apparente des veines liquides lancées par des orifices circulaires.

§ VI.

En résumé, il est évident 1° que la partie trouble des veines est composée de gouttes qui exécutent des vibrations pendant leur chute, puisque les longueurs des bandes *bbbb*... croissent et décroissent périodiquement en restant toujours inscrites dans les ventres lamelleux qu'on aperçoit à l'œil simple ; 2° que l'apparence d'un tuyau creux occupant l'axe de la veine est donnée par les gouttes *cccc*.... d'un moindre diamètre, qui sont toujours intercalées entre les gouttes *bbb*.... 3° enfin que la moitié supérieure du premier ventre de la partie trouble est formée par des renflemens ondulatoires qui se propagent le long de l'extrémité inférieure du jet plein et qui se transforment en gouttes en arrivant à son extrémité.

Quant à la forme réelle des diverses parties qui constituent une veine, on ne peut pas la déduire rigoureusement des faits précédens ; mais il est naturel de penser que les renflemens ondulatoires du jet sont plus ou moins arrondis, et que les gouttes passent successivement par des formes en général peu éloignées de celles d'une sphère, d'un ellipsoïde aplati de haut en bas et d'un ellipsoïde allongé dont le grand axe est vertical, de telle sorte qu'en définitive la figure 3 peut être considérée

comme représentant à peu près l'état d'une veine au moment où une goutte est sur le point de s'en détacher.

§ VII.

Mais, si l'état de la veine peut être ainsi déterminé dans ce qu'il a de plus général, il n'en est pas de même de ses particularités ; car au moyen de l'appareil à bandes parallèles, il est impossible d'assigner à quelle distance de l'orifice les renflemens annulaires prennent naissance : on peut seulement, par ce procédé, reconnaître que les saillies qu'ils forment diminuent peu à peu à mesure que le point qu'on considère est plus élevé, et qu'elles cessent d'être appréciables un peu au-dessus de l'endroit où l'on voit naître la partie trouble de la veine quand on la regarde directement.

Pour observer ces renflemens au-delà du point où cet appareil permet encore de les apercevoir, il faut placer entre la veine et la lumière du soleil ou d'une lampe, un écran noir percé d'une fente étroite et horizontale, de telle manière qu'une petite zone annulaire de la partie continue de la veine soit seule éclairée ; si l'on regarde cette zone qui est alors fort brillante, elle paraît alternativement monter et descendre, comme si la surface de la veine était le siége d'oscillations longitudinales ; mais il est naturel de penser que cet effet est dû au passage périodique des renflemens annulaires, car l'amplitude de ces oscillations paraît d'autant plus grande que le point qu'on considère est plus rapproché de la partie trouble de la veine. En observant avec attention, par ce procédé, toute la partie continue du jet, on

reconnaît facilement que ce n'est qu'à une distance peu considérable de l'orifice que la petite zone lumineuse paraît complètement fixe; de sorte qu'il suit de là que les renflemens annulaires naissent à la partie la plus élevée de la veine, sinon à l'orifice lui-même.

§ VIII.

La production et la propagation des renflemens annulaires, ainsi que l'émission des gouttes qu'ils engendrent lors de leur arrivée à l'extrémité du jet, ont lieu avec une grande régularité et à des intervalles de temps égaux entre eux. En effet, si l'on approche l'oreille très près de la partie trouble d'une veine, on entend un son sourd qui ne paraît pas varier tant que la charge reste constante, et qui est le même pour tous les points de l'étendue qu'embrassent les trois ou quatre premiers ventres. Dans ce cas, le son dépendant uniquement du choc périodique des gouttes et des renflemens contre l'air, il est tellement faible qu'on peut à peine déterminer le degré qu'il occupe dans l'échelle musicale; mais il est facile de lui faire acquérir une grande intensité en le renforçant; en faisant, par exemple, frapper le jet contre une membrane tendue et dirigée horizontalement, ou bien encore en le faisant tomber sur le fond plan d'un vase de métal. Alors, au moyen d'un instrument quelconque de musique, on peut prendre sans peine l'unisson du son, et reconnaître que le nombre des vibrations ne change pas, à quelque point de la hauteur de la partie trouble que corresponde le plan de la membrane. Ainsi il est le même lorsque la

membrane coupe le troisième ou le quatrième ventre, ou lorsqu'elle correspond à l'extrémité même de la partie continue; mais, lorsqu'elle remonte au-dessus de ce point, le son diminue notablement d'intensité, et il cesse entièrement de se faire entendre lorsqu'elle est arrivée au-dessus du point où les renflemens annulaires du jet cessent d'être visibles; l'ébranlement occasioné par le choc successif de ces renflemens n'étant plus alors suffisant pour déterminer la membrane à entrer en vibration.

Il n'est donc pas douteux que les renflemens annulaires du jet se succèdent à des intervalles de temps égaux entre eux, et que les gouttes qu'ils forment en arrivant à l'extrémité du jet sont soumises, dans leur émission, à la même périodicité.

§ IX.

Les nombres des oscillations qui résultent du choc de la partie trouble des veines paraissent soumis à des lois peu compliquées. Pour une charge constante de 51 c., des orifices de $1^{mm},5$, de 3^{mm}, et de 6^{mm} de diamètre faisaient respectivement entendre les sons ré$\sharp_4$, la$\sharp_3$ et ré$\sharp_2$; les nombres des vibrations étaient donc en raison inverse des diamètres des orifices. D'un autre côté, ces nombres paraissent être proportionnels à la racine carrée des charges, ou à la simple vitesse de l'écoulement, lorsque le diamètre de l'orifice reste constant: pour un orifice de 3 millim. de diamètre, les charges étant comme les nombres 1, 2, 3, 9, les nombres des vibrations (ainsi que le montre le tableau suivant)

étaient à très peu de chose près comme les nombres 1, 1,41, 1,73 et 3, qui sont les racines carrées des premiers nombres.

CHARGES.	SONS.	NOMBRE des VIBRATIONS.	RAPPORT DES NOMBRES des VIBRATIONS.
51	Ré♯$_3$	600	1,00
102	La$_3$ —	853	1,42 —
153	Ut$_4$ +	1024 +	1,70 +
459	Si♭$_4$ —	1843 —	3,07 —

Lorsqu'un corps est le siége d'un mouvement oscillatoire régulier, c'est un fait constant que des oscillations excitées dans les corps qui sont en contact immédiat avec lui réagissent, soit sur le nombre, soit sur l'amplitude de ses propres oscillations, quelles qu'en soient d'ailleurs la cause et la nature ; c'est ainsi que deux pendules qui, par leur longueur, sont susceptibles de produire, dans le même temps, des nombres de vibrations qui diffèrent très peu, sont ramenés à l'isochronisme lorsqu'ils sont suspendus à un même corps solide, et que l'amplitude des oscillations d'une corde s'accroît lorsqu'une autre corde à l'unisson avec elle résonne dans son voisinage ; c'est encore d'après le même principe que, quand deux cordes presqu'à l'unisson sont montées sur un même instrument, lorsqu'on en ébranle une seule, le mouvement communiqué à l'autre peut devenir assez énergique, non seulement pour qu'elle entre en vibration, mais encore pour que ses vibrations arrêtent mo-

mentanément celles de la corde ébranlée directement. Or, puisque la propagation des renflemens annulaires du jet et l'émission des gouttes sont soumises à des retours périodiques et réguliers, et que d'ailleurs le nombre de ces alternatives, dans un temps donné, est assez grand pour donner naissance à des sons perceptibles et comparables, il était naturel de présumer que des ondes aériennes de même période que celle de l'émission des gouttes, et de la propagation des renflemens pourraient réagir sur l'état de la veine d'une manière assez prononcée pour qu'on pût apprécier les changemens qui en résulteraient. En effet, à l'aide d'un instrument à cordes et à archet, si l'on produit dans le voisinage d'une veine un son qui soit à l'unisson de celui qui résulte du choc de la partie trouble contre une membrane tendue, à l'instant où le son se fait entendre, le point d'où partent les gouttes remonte vers l'orifice, ou, en d'autres termes, la partie continue du jet se raccourcit, et cette diminution de longueur peut aller même au-delà des deux tiers de la longueur primitive; en même temps le diamètre du jet paraît augmenté, et il en est de même de celui des ventres de la partie trouble, qui eux-mêmes changent complètement d'aspect. Ils sont alors beaucoup plus réguliers, plus ramassés, de sorte que les étranglemens qui les séparent sont plus allongés et paraissent d'un moindre diamètre (Voyez fig. 4).

Cette action des ondes sonores est tellement énergique, qu'à une distance de plus de vingt mètres le son d'un violon détermine une diminution de longueur de la partie continue de la veine presqu'aussi grande que celle qui a lieu

pour des distances beaucoup moindres et pour une même intensité de son.

Des sons à l'octave et à la quinte graves, à la tierce mineure, à la quarte superflue et à l'octave aiguë de celui que donne le choc de la partie trouble contre un corps renforçant, produisent sur la veine des modifications analogues à celles que nous venons de décrire, mais toutefois avec beaucoup moins d'énergie; et il est des sons qui n'agissent en aucune manière sur ses dimensions et l'aspect qu'elle présente. On conçoit facilement, d'après cela, que, quand on fait frapper la partie trouble d'une veine contre un corps susceptible de résonner, il doit souvent arriver que les vibrations de ce corps réagissent sur celles du jet, et en changent par conséquent la période; c'est aussi ce qu'on observe fréquemment; mais cette réaction ne paraît possible que quand l'écart entre le son propre au jet et celui qui convient au corps choqué n'excède pas une tierce mineure. Lorsque le son du jet est ainsi modifié par un son étranger, il suffit souvent, pour le ramener au ton qui lui est propre, d'un léger choc imprimé à l'appareil ou d'un changement de position ou de direction du corps choqué. C'est toujours par sauts brusques que le son repasse ainsi au ton qui lui convient, à moins qu'il ne soit très voisin de celui du corps choqué, car alors ils peuvent se faire entendre tous les deux périodiquement ou même simultanément. Mais, ce qui est fort remarquable, c'est qu'on peut produire, au moyen des vibrations d'une veine et de celles d'une corde ou d'un diapason, des battemens, et cette sorte de réaction qu'on observe entre deux corps qui sont presqu'à l'unisson. Ainsi, lorsqu'on a pris

l'unisson, sur une basse ou sur un violon, du son d'un jet, dont l'extrémité de la partie pleine est assez distante du corps choqué pour qu'il y ait entre eux deux ou trois des ventres de la partie trouble, si l'on vient à baisser ou à élever le son de l'instrument d'une petite quantité, le son du jet semble ne plus se produire que périodiquement, la partie continue de la veine s'allonge et se raccourcit alternativement, et il en résulte pour l'oreille une suite de battemens qui coïncident avec les allongemens et les raccourcissemens qu'on suit de l'œil. Si la distance entre le son du jet et celui qu'on produit augmente, le nombre des battemens s'accroît aussi, et d'autant plus que l'intervalle entre les deux sons devient plus grand.

§ X.

Il semblerait donc, d'après ce qui précède, que la partie continue des veines est dans des conditions tout-à-fait analogues à celles d'un corps qui est le siége d'un nombre déterminé de vibrations ; néanmoins, cette conséquence ne serait pas exacte, car le nombre des vibrations ne dépend pas de la longueur de la partie continue de la veine, qui peut être réduite presqu'à rien sans que la portion restante cesse d'être influencée par des ondes sonores de même période que celles qui agissent sur la veine lorsqu'elle est entière. Par exemple, si la veine tombe sur un corps assez épais pour ne pas vibrer, et qui l'intercepte un peu au-dessus du point où naissent les renflemens annulaires, lorsque le son à l'unisson de celui de la partie trouble se fait entendre, on voit naître

au point de contact de la veine et du corps, un ventre qui s'élève graduellement, puis qui est bientôt suivi d'un second, d'un troisième, et même d'un quatrième ventre; de sorte que la partie continue de la veine se raccourcit comme elle l'eût fait si le corps qui la coupe n'existait pas. Lorsque le son cesse de se faire entendre, ces ventres redescendent peu à peu, comme s'ils rentraient successivement dans le corps choqué, et la veine redevient alors parfaitement unie et calme dans toute sa longueur.

Enfin, si l'on relève assez le corps choqué pour qu'il soit au-dessus de cette limite jusqu'à laquelle la partie continue de la veine peut se raccourcir, et même si on le fixe à une très petite distance de l'orifice, la portion restante de la veine est encore influencée par le même son qui agissait sur elle, lorsqu'elle était dans toute sa longueur, comme on peut le reconnaître en faisant l'obscurité autour d'elle et en ne l'éclairant que dans une très petite étendue, au moyen d'une fente horizontale. Quand on regarde alors la zone brillante et étroite produite sur la veine; on la voit se rider à l'occasion du son qui convient à la partie trouble, et l'on remarque (de même que quand la veine est entière) que les octaves grave et aigu, ainsi que la quinte grave et la tierce mineure aiguë du son dont il s'agit, influent également, mais à un moindre degré, sur l'état de la veine.

§ XI.

La période des oscillations ne dépendant point des

dimensions de la veine, il faut donc en conclure que cette période est réglée par les circonstances mêmes du passage du liquide à travers l'orifice. Or, s'il en est réellement ainsi, il s'ensuit que les modifications imprimées à la veine par les ondes sonores ne dépendent pas de l'action directe de ces ondes sur la veine; mais, au contraire, qu'elles dépendent de l'action que les ondes exercent sur les parois du réservoir qui contient le liquide, ou bien sur le liquide lui-même. En effet, si l'écoulement a lieu dans le vide, ce qui ne modifie en rien l'état de la veine, comme nous le verrons plus loin, des ondes sonores, excitées dans l'air qui entoure l'appareil, déterminent un raccourcissement de la partie continue du jet, tout aussi prononcé que si l'écoulement avait lieu dans l'air, et les ventres de la partie trouble subissent aussi tous les changemens de forme et d'aspect que nous avons signalés plus haut. D'un autre côté, si l'on met le corps sonore directement en contact avec quelque point des parois du réservoir, les modifications imprimées à la veine sont bien plus marquées qu'elles ne le sont quand les vibrations ne sont communiquées à l'appareil que par l'intermédiaire de l'air; on observe alors que la partie trouble remonte presque jusqu'à l'orifice. Par exemple, à l'aide d'un archet, si l'on fait résonner très près d'une veine, un timbre ou un diapason à l'unisson avec le son qu'elle fait entendre, quand elle frappe un corps renforçant, et qu'on note la longueur de sa partie limpide; puis qu'ensuite on amène doucement le pied du timbre ou du diapason au contact des parois du réservoir, ou même des supports sur lesquels il repose, les ventres de la partie trouble remon-

tent bien plus haut qu'ils ne le faisaient quand le mouvement n'était communiqué que par l'air. Bien plus, si le son, qui est naturel au jet, n'est pas à l'unisson de celui du timbre, il pourra y être amené, même quand l'écart entre les nombres des vibrations serait assez grand pour constituer un intervalle de quinte en dessus du son propre au jet, et de plus d'un octave en dessous.

Quand le son du timbre ou du diapason est très intense et qu'il est exactement à l'unisson de celui qui agit le plus fortement sur la veine, la partie limpide et transparente se réduit presqu'à rien, c'est-à-dire que les renflemens annulaires acquièrent déjà un volume sensible à une très petite distance de l'orifice. La période de l'émission des gouttes est alors tellement régulière, et le point où elles se détachent de la partie continue est si rigoureusement déterminé, qu'elles passent toutes par les mêmes phases de leurs oscillations en parvenant aux mêmes points de l'espace qu'elles parcourent, de sorte que les ventres qu'elles produisent ne sont plus troubles et d'apparence lamelleuse, mais qu'ils sont aussi calmes et aussi limpides que s'il y avait continuité dans la substance qui les forme. (Voyez figure 5, qui représente la même veine que figure 1re, avec cette différence que le réservoir était sous l'influence des vibrations d'un diapason.)

Cette extrême régularité permet d'apercevoir très distinctement dans l'intérieur des ventres et suivant la direction de l'axe du jet, la série de gouttes plus petites qui sont intercalées entre celles du plus grand diamètre; on peut alors reconnaître que ces gouttes d'un moindre diamètre sont également le siége d'oscillations qui don-

nent aussi naissance à des ventres, mais d'une moindre longueur que ceux que forment les plus grosses gouttes. Le diamètre de ces derniers ventres paraît presque double de celui des nœuds qui les séparent. Mais ce qu'on ne peut pas découvrir avec l'appareil à bandes parallèles, parce qu'il faut que la largeur des bandes soit dans un certain rapport avec le diamètre des gouttes, c'est qu'il existe constamment une troisième série de gouttes excessivement petites, qui sont intercalées entre les deux séries précédentes, et qui sont également le siége d'oscillations qui s'exécutent pendant leur chute. On observe fréquemment que ces petites gouttes sont lancées en dehors de l'axe de la veine, qu'elles forment un jet à part, décrivant une courbe parabolique dans un plan vertical quelquefois fixe pendant quelques instans, le plus souvent animé d'un mouvement oscillatoire autour du jet principal, et même d'un mouvement complet de rotation, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre.

Tandis que le jet est sous l'influence des vibrations d'un corps sonore en contact avec le réservoir, si on lui présente un corps épais et non susceptible de vibrer par lui-même, par exemple un cube de bois, le choc des gouttes produit un son qui prend constamment l'unisson de celui du corps sonore et dont l'intensité est beaucoup plus grande quand le corps choqué correspond au milieu d'un ventre que quand il correspond à un nœud, ce qui s'explique d'ailleurs facilement, puisque dans le premier cas, les gouttes ayant la forme d'un ellipsoïde aplati de haut en bas, elles frappent le corps par une plus large surface, et plus nettement, tandis que dans le second, comme elles ont la forme d'une ellipsoïde

dont le grand axe est vertical, leur choc se fait sur une surface moindre et dure plus long-temps. Le degré du son qui se produit ainsi reste constant à quelque ventre que corresponde le corps choqué. Je l'ai trouvé exactement le même pour les dix premiers ventres, avec un orifice de 3 millim. de diamètre.

Ces expériences prouvent donc nettement que c'est en agissant sur les parois du réservoir, ou sur le liquide qui y est contenu, que les ondes sonores modifient d'une manière si remarquable les dimensions et l'aspect des veines liquides. Ainsi, nous pouvons conclure de l'ensemble des faits qui précèdent, que la cause de l'état périodique de la veine réside ou dans les circonstances mêmes du passage du liquide à travers l'orifice, ou dans les vibrations du réservoir qui le contient, vibrations qui pourraient être excitées par le frottement de la veine contre le bord de l'orifice, ou par l'action des ondes sonores d'une période quelconque que propagent continuellement l'air et les corps solides.

§ XII.

Pour pouvoir déterminer quelle est, parmi ces causes, celle qui produit réellement cet état de la veine, il est clair qu'il faut commencer par soustraire le réservoir à toute espèce d'agitation étrangère et surtout à l'action des ondes sonores d'une période régulière, particulièrement à l'influence de celles dont la période est la même que celle de l'émission des gouttes. Mais cette condition est fort difficile à remplir, surtout dans une grande ville, où mille bruits confus sont continuellement propagés

par l'air et par le sol. Néanmoins on peut y parvenir, au moins en partie, d'abord en plaçant entre le réservoir et son support, ainsi qu'entre les pieds du support et le sol, des coussins formés de substances molles et peu élastiques, comme du drap replié un grand nombre de fois sur lui-même; ensuite en disposant entre le sol et le réservoir inférieur qui reçoit la veine un semblable coussin, pour empêcher que le choc périodique des gouttes contre l'eau qui s'accumule dans ce réservoir ne se communique au réservoir supérieur; enfin en faisant tomber la veine sur une planche très épaisse, placée dans le réservoir inférieur et maintenue dans une direction presque verticale, c'est-à-dire très peu inclinée à l'axe de la veine.

Par ces dispositions, le choc de la partie trouble de la veine ne peut pas produire de sons assez intenses pour réagir sur le réservoir; d'ailleurs toutes les agitations transmises par le sol se trouvent considérablement amorties, et il ne reste que l'action exercée par les ondes sonores qui sont transmises par l'air; mais cette action n'étant ni très énergique ni permanente, on peut la négliger.

L'appareil étant donc placé dans ces conditions, et le plan de l'orifice étant dirigé horizontalement, afin que le jet soit exactement vertical, la partie limpide et continue de la veine s'allonge et s'effile considérablement; elle paraît parfaitement calme et elle se termine par une partie trouble qui l'enveloppe dans une assez grande étendue et qui ne présente plus de traces de ventres régulièrement espacés: on y aperçoit seulement de très légères bosselures qui changent continuellement de po-

sition. Il résulte de là que quand les gouttes se forment et se détachent en l'absence de toute influence étrangère, elles n'exécutent pas pendant leur chute de vibrations appréciables. Le diamètre de la partie trouble de la veine n'est alors qu'environ les deux tiers de celui des ventres qu'on observe dans cette même partie quand le réservoir est soumis à l'action d'un mouvement de vibration. (Voyez fig. 6 qui représente la même veine que la fig. 1[re] avec cette différence qu'elle était soustraite à l'influence des vibrations.)

Tandis que la veine est dans cet état, si on expose au choc de sa partie trouble une membrane tendue, aussitôt il se produit un son qui est exactement le même que celui que la veine faisait entendre, sous la même charge, avant que le réservoir fût isolé; la partie trouble augmente de diamètre, les ventres reparaissent et sont d'une grande régularité, et en même temps la longueur de la partie continue diminue beaucoup. On obtient des résultats analogues, lorsqu'avec un instrument à cordes on produit divers sons dans le voisinage du réservoir, mais toujours l'un de ces sons exerce sur la veine une influence plus grande que tous les autres. Enfin, si l'on amène au contact du réservoir le pied d'un timbre ou d'un diapason préalablement mis en vibration, presque tous les sons pourront modifier l'état de la veine, mais avec d'autant moins d'énergie qu'ils seront plus éloignés de celui qui lui est propre.

L'état périodique du liquide à l'orifice même est donc indépendant des mouvemens vibratoires communiqués au réservoir et à la masse entière du fluide par les ondes sonores qui leur sont transmises par l'air et les corps

solides, puisqu'en l'absence de tout mouvement de cette nature, de même que, quand il en existe, le choc de la partie trouble de la veine engendre exactement le même son, et que d'ailleurs des ondes de même période que celle qui règle l'émission des gouttes agissent bien plus énergiquement sur la veine que celles d'une période différente. Mais si l'action des ondes sonores sur le réservoir ou sur la masse du liquide n'est pas la cause de l'état périodique du jet, il n'en est pas moins évident qu'elle peut modifier l'énergie de ce mouvement oscillatoire, qu'elle peut déterminer une diminution considérable de longueur de la partie continue de la veine, et enfin que son influence peut même aller jusqu'à changer la période des oscillations qui ont lieu à l'orifice.

§ XIII.

Pour rendre plus sensible encore le rôle que jouent, dans ce phénomène, les ondes sonores qui viennent frapper le réservoir et le liquide qui y est contenu, nous ajouterons à ce qui précède quelques expériences faites en vue de déterminer les dimensions des diverses parties des veines, sous des charges et pour des orifices de divers diamètres, le réservoir étant placé dans quatre conditions différentes par rapport à l'action des ondes sonores.

Ces expériences ont été faites avec un baquet légèrement conique dont le diamètre moyen était de 42 cent., et dont la hauteur était de 50 cent. Ce baquet était placé sur un support composé de quatre forts montans de chêne, dont la hauteur verticale était de $2^m,2$, et qui

étaient réunis par des entretoises solidement assujetties. L'orifice, placé au centre du fond du baquet, était évasé en dehors; il avait 6 millim. de diamètre. Le jet était reçu dans un baquet semblable au précédent, et qui était disposé de manière que le liquide qu'il recevait pût ou non y séjourner, selon qu'on le désirait. La température de l'eau était de 10° cent.

Dans la première série, le réservoir reposait sans intermédiaire sur le support, le baquet inférieur était placé directement sur le sol et constamment maintenu vide, de sorte que son fond étant frappé directement par la partie trouble de la veine, il se produisait un son soutenu et intense qui pouvait réagir sur l'état de la veine, en se transmettant au réservoir supérieur, soit par l'air, soit par les montans du support

Dans la deuxième série, tout était disposé de la même manière, seulement le baquet inférieur pouvait se remplir librement, de sorte que le choc de la partie trouble de la veine donnait lieu à un bruit confus ou à des vibrations d'une période variable ou irrégulière, qui se transmettaient également au réservoir supérieur par l'air et les montans du support.

Dans la troisième série, le baquet inférieur pouvait encore se remplir librement, mais il était séparé du sol par un coussin d'environ deux décimètres d'épaisseur formé d'un tapis de laine roulé plusieurs fois sur lui-même, de sorte que le réservoir supérieur n'était plus ébranlé que par les vibrations irrégulières qui lui étaient transmises par l'air.

Enfin, dans la quatrième série, le réservoir supérieur était séparé du support par des corps mous, le support

était lui-même séparé du sol par de semblables corps ; le baquet inférieur reposait sur le même coussin que dans la série précédente, et de plus la veine tombait sur une planche qui lui était presque parallèle et qui était assujettie dans le baquet inférieur. Il résultait de cette disposition que le réservoir supérieur n'était plus soumis qu'à l'impression des ondes sonores transmises du dehors par l'intermédiaire de l'air.

Hauteur du liquide dans le réservoir supérieur.	4c,5	12c	27c	47c
	Longueurs du jet continu.			
1re série,	36c	55c	74c	99c
2e série,	40	59	82	112
3e série,	84	117	134	155
4e série,	107	126	143	158

Un orifice de 3 millim. ayant été substitué à celui de 6 millim., on a obtenu, dans les mêmes circonstances, les résultats suivans :

Hauteur du liquide dans le réservoir supérieur.	4c,5	12c	27c	47c
	Longueurs de la partie continue du jet.			
1re série,	12c	17c	29c	40c
2e série,	16	25	41	55
3e série,	21	32	50	65
4e série,	24	39	58	78

Il résulte de ces expériences, 1° que la longueur de la partie continue du jet va en augmentant à mesure que les causes d'agitation diminuent; 2° que l'influence de l'agitation est d'autant plus grande que la charge est plus faible; 3° que cette influence est aussi d'autant plus grande que le diamètre des orifices est plus considérable. Je puis même ajouter ici qu'il m'a été impossible, avec l'appareil qui a servi à ces expériences, de prendre, même approximativement, les longueurs de la partie continue du jet pour un orifice de 9 millim. de diamètre.

Pour achever de donner une idée nette de l'ensemble de ces phénomènes, nous avons réuni, dans les deux tableaux suivans, les dimensions principales de toutes les parties de deux veines lancées par des orifices de 6 et de 3 millim. de diamètre, pour le cas où le vase inférieur est directement en contact avec le sol, et où le niveau de l'eau qu'il contient reste constant.

Orifice de 6 millimètres de diamètre. Température de l'eau et de l'air 10° *cent.*

Pression à l'orifice.	Longueurs du jet continu.	Longueurs des ventres.	Diamètres des ventres.	Diamètres des nœuds.	Diamètres minimums du jet continu en *a*, fig. 3.
47c	112c	60c	1c,2	0c,9	0c,22
27	82	39	1,1	0,8	0,21
12	59	30	1	0,75	0,2
4,5	40	25	0,9	0,7	0,2

Orifice de 3 millimètres de diamètre. Température de l'eau et de l'air 25° cent.

Pression à l'orifice.	Longueurs du jet continu.	Longueurs des ventres.	Diamètres des ventres.	Diamètres des nœuds.	Diamètres minimums du jet continu en *a*, fig. 3.
47^c	55^c	16^c	0^{c}6	0^c,4	0^c,15
27	41	13	0 ,55	0 ,36	0 ,13
12	25	9	0 ,52	0 ,32	0 ,11
4,5	16	7,8	0 ,5	0 ,28	0 ,1

Quoique les mesures que contiennent ces deux tableaux ne soient pas rigoureuses, surtout celles qui se rapportent aux diamètres des ventres et des nœuds, ainsi qu'au diamètre minimum de la partie pleine du jet, néanmoins on peut conclure de leur ensemble : 1° qu'à pression égale, le diamètre des ventres est toujours à peu près proportionnel à celui de l'orifice; 2° que les longueurs des ventres, le diamètre des nœuds et le diamètre minimum de la partie continue du jet, diminuent avec la hauteur de chute ainsi qu'avec le diamètre des orifices; 3° enfin que la longueur de la partie continue du jet est à peu près proportionnelle au diamètre des orifices et à la racine carrée des charges.

Cette dernière loi, comme le montre le tableau ci-dessous, se vérifie même pour des charges beaucoup plus grandes, pourvu que le jet soit toujours dans des

conditions à peu près les mêmes, comme cela a lieu, par exemple, quand on le fait frapper contre un même corps sonore dont le plan est maintenu, pour tous les cas, à l'extrémité même de la partie continue de la veine, position qu'il est toujours facile de déterminer, parce qu'elle correspond au milieu du premier ventre formé par les oscillations des gouttes.

Orifice de 3 millimètres de diamètre. Température de l'eau et de l'air 6° cent.

CHARGES.	Longueurs de la partie continue du jet.	Rapport des longueurs de la partie continue du jet.
51c	45c	1,00
102	65	1,44
153	75	1,66
459	145	3,22

On voit que les charges étant comme les nombres 1, 2, 3, 9, les longueurs de la partie continue du jet sont à peu près comme les nombres 1, 1,41, 1,73 et 3, qui sont les racines carrées des premiers nombres.

§ XIV.

Ainsi que nous l'avons vu tout-à-l'heure, l'action des ondes sonores sur le réservoir ou sur le liquide qu'il contient n'étant point la cause de l'état périodique de la veine à l'orifice même, il faut examiner maintenant si

cette cause ne résiderait pas dans des vibrations excitées dans le bord de l'orifice par le frottement du liquide, et peut-être aussi par une adhérence qui se produirait entre le pourtour de l'orifice et le liquide. Or, si c'est là en effet la cause de ce phénomène, la nature de la substance qui forme l'orifice, un amincissement extrême de son bord libre, le poli plus ou moins parfait du plan métallique dans lequel il est pratiqué, et surtout la nature du liquide et sa température, devront changer le nombre absolu des vibrations; mais aucune de ces causes ne paraît exercer d'influence sensible sur l'état du mouvement; il en est de même lorsque le plan de l'orifice étant en laiton, on le frotte avec du mercure, ou avec un corps gras, de manière à changer complètement l'état de sa surface. Enfin, si l'on touche le pourtour de l'orifice avec un corps solide et résistant, ce qui devrait arrêter les vibrations, s'il en existait, ou au moins en modifier l'amplitude, on n'aperçoit non plus aucun changement dans la forme ou l'état de la veine. Ainsi il paraît que, si le frottement du liquide et son adhérence excitent des vibrations dans le bord de l'orifice, cet effet est extrêmement faible, au moins quand le bord de l'orifice est presque tranchant.

L'état oscillatoire de la veine ne peut donc être attribué ni à l'action des ondes sonores sur le réservoir, ni à des vibrations du bord de l'orifice, ni à l'adhérence des molécules liquides au pourtour de l'orifice; et, comme il existe déjà à la naissance de la veine, il semble qu'il faille nécessairement en conclure que cet état dépend des particularités mêmes du mouvement du liquide dans le réservoir et que la vitesse de l'écoulement est pério-

diquement variable au lieu d'être uniforme, comme on l'avait toujours pensé.

§ XV.

Le nombre de ces pulsations n'étant modifié sensiblement ni par la nature du liquide, ni par la température, et dépendant uniquement de la vitesse de l'écoulement et du diamètre des orifices, il est à présumer que la pesanteur est la seule cause de ce phénomène, et qu'il doit être produit par de très petites oscillations de la masse entière du fluide dont la partie centrale s'abaisse et s'élève périodiquement, tandis que la partie la plus extérieure est animée d'un mouvement en sens contraire. Dans cette supposition, toutes les tranches horizontales du fluide seraient le siége d'un mouvement analogue à celui d'un disque libre par son contour, et qui exécute des vibrations normales, en se divisant en deux parties vibrantes séparées par une seule ligne nodale circulaire. On conçoit en effet qu'à l'instant où l'orifice est ouvert, la colonne de liquide qui est immédiatement placée au-dessus de lui étant la première à s'écouler, le niveau de la partie centrale du liquide doit tendre à s'abaisser un peu, et qu'au contraire la partie la plus extérieure de la masse du fluide se trouvant refoulée, son niveau doit s'élever d'une petite quantité et que par conséquent toute la masse doit devenir le siége d'oscillations analogues à celles qui ont lieu sous la seule influence de la pesanteur dans un syphon dont les branches sont redressées.

Mais, si c'est là, en effet, la cause des pulsations qui ont lieu à l'orifice d'écoulement, il serait difficile d'en donner une preuve directe; car, près de l'orifice, les saillies formées par le passage des renflemens annulaires étant si faibles qu'on ne peut pas les apercevoir, il n'est pas à présumer qu'on pourra rendre sensibles les oscillations de la surface supérieure du fluide, vu que leur amplitude doit être encore beaucoup plus petite.

Dans cette hypothèse, qui ne paraît en opposition avec aucun des faits que nous avons considérés jusqu'ici, toutes les particularités de l'état de la veine s'expliquent facilement. En effet, les portions de veine lancées à chaque mouvement d'abaissement de la partie centrale du fluide seraient comprimées, tandis que celles qui seraient lancées à chaque mouvement d'élévation se trouveraient au contraire dilatées, de sorte que la veine serait divisée en un certain nombre de parties qui subiraient pendant leur chute des dilatations et des contractions périodiques analogues à celles dont nous avons constaté l'existence dans les gouttes qui se détachent de l'extrémité inférieure du jet.

Il résulterait de là que l'élasticité propre du liquide ainsi que sa température devraient avoir une influence sur les dimensions de la veine, quoiqu'elles n'en aient aucune sur le nombre des pulsations; or, c'est effectivement ce qui a lieu; et la longueur de la partie continue du jet est d'autant plus considérable que la quantité dont les liquides se compriment, sous une même force, est elle-même plus grande, comme le montre le tableau suivant qui contient les résultats d'expériences faites avec divers liquides sous une pression de 50 c., à la tem-

pérature de 10° cent., avec un orifice de 3 millim. de diamètre.

	Compressibilité sous une atmosphère évaluée en millionièmes du volume primitif.	Longueur de la partie continue du jet.
Éther sulfurique,	131,35	90c
Alcool,	94,95	85
Eau,	47,85	70
Ammoniaque liquide,	33,05	46

§ XVI.

Il ne paraît pas que les vibrations régulières ou irrégulières, qui modifient d'une manière si prononcée les dimensions de la partie continue de la veine, ainsi que l'amplitude des oscillations des gouttes, influent d'une manière sensible sur la dépense; ainsi la dépense reste la même que le réservoir supérieur soit isolé ou non par des coussins, qu'il soit en contact ou non avec un diapason ou un timbre à l'unisson du son qui convient à la veine, ou enfin que le réservoir inférieur soit ou non en contact avec le sol, la veine frappant directement l'eau contenue dans ce réservoir ou tombant sur un plan solide presque parallèle à sa direction. Au moins, c'est là ce qui paraît résulter de diverses expériences faites avec un orifice de 3 millim. adapté au baquet dont nous avons donné les dimensions page 366; car, après un écoulement qui avait duré, pour tous les cas, 8′ 15″, la quantité de liquide écoulé a été trouvée sensiblement

la même, ce qui prouve, sinon que l'influence des vibrations sur la dépense est nulle, au moins que, si elle existe, elle est très faible.

§ XVII.

C'est une opinion à peu près généralement admise que la partie trouble des veines est un mélange d'eau et d'air, et que la résistance de ce fluide modifie beaucoup la forme des veines ; mais toutes les expériences qu'on a pu faire jusqu'ici à ce sujet, en faisant couler des liquides dans des récipiens d'abord vides et ensuite pleins d'air, étaient nécessairement inexactes, parce qu'on n'avait aucun égard à l'action des ondes sonores engendrées par le choc même de la veine, action qui est très différente lorsque le récipient est vide ou plein d'air. En ayant égard à cette circonstance, l'expérience montre que, si la résistance de l'air modifie la forme et les dimensions des diverses parties des veines, ce ne peut être que dans des particularités qui échappent à nos sens, car la longueur de la partie continue du jet, et celle des ventres formés par les oscillations des gouttes paraissent sensiblement les mêmes dans le vide que dans l'air.

La figure 13 représente l'appareil dont j'ai fait usage pour m'assurer de la réalité de ce fait ; il se compose de trois parties bien distinctes, une supérieure AB qui est un vase de laiton de 64 cent. de hauteur et de 22 cent. de diamètre renfermant le liquide ; une moyenne CD qui consiste en un tube de verre de 158 cent. de hauteur et de 10 cent. de diamètre ; enfin une inférieure EF qui est un second vase de laiton analogue au supérieur,

et destiné à recevoir le liquide qui s'est écoulé. Le vase supérieur porte une petite vanne *vv* qui ferme l'orifice *o* et qu'on peut ouvrir à volonté par le moyen du levier L. Le vase AB (1) communique avec le tube de verre CD par un tube de plomb RM dont l'extrémité M est ajustée à l'ouverture K par laquelle on introduit le liquide, et dont l'autre extrémité R est armée d'un robinet qui permet à volonté la communication du réservoir supérieur avec le tube de verre. Le vase inférieur, qui communique directement avec le tube de verre par la large ouverture N porte aussi un tube de plomb T qui peut être vissé à la machine pneumatique. Il résulte de cette disposition que, quand on fait le vide dans le vase inférieur, on le fait également dans le tube de verre et à la partie supérieure du vase AB, lorsque le robinet R est ouvert; et que quand le tuyau T n'est pas réuni à la machine pneumatique, ni le tuyau RM à l'orifice K, l'écoulement a lieu librement dans l'air.

Le but qu'il fallait surtout atteindre avec cet appareil étant que la réaction des ondes sonores occasionées par le choc de la veine fût sensiblement la même lorsque l'écoulement a lieu dans l'air et ensuite dans le vide, la veine tombait sur une planche épaisse PP très oblique à sa direction, et qui avait été introduite dans l'appareil avant qu'il fût monté. Par ce moyen, le choc de la veine ne donnant lieu, pour le cas de l'écoulement dans l'air, qu'à un son extrêmement faible, on n'avait pas à craindre que les ondes sonores produites réagissent

(1) Cette partie de l'appareil est représentée plus en grand dans la fig. 14.

notablement sur le réservoir ; et il ne restait que l'action des ondes transmises par les parties solides de l'appareil, action qui était la même lorsque l'appareil était vide ou plein d'air.

En opérant de cette manière, la longueur de la partie continue du jet était de 60 cent. pour une charge de 50 cent., et un orifice de 3 millim., soit que l'écoulement eût lieu dans le vide ou dans l'air. L'expérience ayant été répétée plusieurs fois, on a toujours obtenu le même résultat, seulement, dans quelques cas, cette longueur a été trouvée un peu moindre dans l'air que dans le vide, ce qui semblerait devoir exister toujours, car lorsque l'écoulement a lieu dans un fluide plus dense que l'air, par exemple dans un fluide aussi dense que celui qui s'écoule, la longueur de la partie continue du jet diminue beaucoup, et elle ne surpasse pas deux à trois fois le diamètre de l'orifice. Pour se convaincre de cette vérité, il suffit d'adapter à un réservoir un tube vertical dont l'extrémité inférieure, armée d'un orifice, plonge dans un vase plein d'eau ; lorsqu'on approche le doigt de l'orifice, on sent à une certaine distance, qui n'excède pas deux ou trois fois le diamètre de la veine, une suite de pulsations analogues à celles qu'on éprouve lorsque, l'écoulement ayant lieu dans l'air, on présente le doigt à l'extrémité de la partie continue du jet. Au-dessus et au-dessous de ce point, l'amplitude des oscillations décroît rapidement. Il est facile de reconnaître de cette manière que le nombre des vibrations est d'autant moindre, à charge égale, que le diamètre des orifices est plus grand, et que ce nombre est beaucoup plus petit que si l'écoulement avait lieu dans l'air. Il est donc pro-

bable, d'après cela, que la résistance de l'air détermine une diminution de longueur de la partie continue du jet, mais cependant assez petite pour ne pas pouvoir être rendue sensible par les procédés d'expériences dont nous avons fait usage. Il faut d'ailleurs noter que la dépense décroît à mesure que la résistance du milieu dans lequel l'écoulement a lieu devient plus grande, et que par conséquent la longueur de la partie continue de la veine doit pour cette seule cause être moins considérable dans l'air que dans le vide.

§ XVIII.

La constitution générale des veines lancées dans une direction horizontale ne diffère pas essentiellement de celle des veines lancées verticalement de haut en bas. On observe seulement que, tout étant d'ailleurs égal, la longueur de la partie limpide et calme est un peu moindre, et que le diamètre maximum des gouttes est un peu plus grand quand la veine est lancée horizontalement. Le diamètre de toutes les sections normales du jet va de même en diminuant depuis l'orifice jusqu'à la naissance de la partie trouble, mais cependant en décroissant avec plus de lenteur à partir d'une petite distance de l'orifice. Du reste, la forme et l'aspect de la veine peuvent être modifiés par les vibrations sonores de la même manière que quand le jet est vertical descendant. La figure 15 représente une veine lancée horizontalement et tombant dans un vase qui se remplit librement; la figure 16 représente la même veine sous l'influence des vibrations sonores.

§ XIX.

Lorsque la veine est lancée obliquement de bas en haut, les mêmes phénomènes s'observent encore, tant que l'angle qu'elle forme avec l'horizon n'excède pas 20 à 25°; mais au-delà de ce terme et jusqu'à 45 à 50°, la partie continue de la veine paraît sensiblement de même diamètre à partir d'une petite distance de l'orifice, jusqu'à la naissance de la partie trouble. Cette dernière partie présente elle-même une modification importante consistant en ce que les gouttes dont elle est composée ne décrivent pas toutes une courbe unique, mais forment une sorte de gerbe dont la discontinuité est partout manifeste, et qui est composée de gouttes qui décrivent des courbes paraboliques contenues dans un même plan vertical. (Voyez fig. 17.)

Cet éparpillement des gouttes dans un même plan vertical paraît dépendre de ce que la partie continue de la veine est le siége d'un mouvement irrégulier de vibration déterminé par la vitesse périodiquement variable de l'écoulement, et sans doute aussi par le mode de séparation des gouttes elles-mêmes, qui alors ne s'opérerait plus d'une manière aussi régulière que quand le jet tombe verticalement. Sous l'influence de vibrations d'une période déterminée, ce mouvement vibratoire de la partie continue de la veine est susceptible d'acquérir une grande régularité, et il peut arriver que les gouttes ne se détachent que quand l'amplitude du jet atteint son maximum et son minimum, de telle sorte qu'il existe alors deux parties troubles bien distinctes et divisées

chacune en un certain nombre de ventres d'une forme très régulière (fig. 18). Il peut même arriver qu'il se produise trois parties troubles sous l'influence d'un autre nombre de vibrations (fig. 19); mais il est toujours un de ces nombres pour lequel la gerbe se résout en un seul jet parfaitement régulier (fig. 20), et c'est alors que la partie continue de la veine se raccourcit le plus, de sorte qu'il est à présumer que cela arrive lorsque le nombre des vibrations communiquées est le même que celui des pulsations à l'orifice.

Lorsque l'angle que le jet ascendant forme avec la verticale est plus petit que 45 à 40°, la partie continue de la veine qui, pour des angles de 45 à 75° paraissait sensiblement de même diamètre depuis la contraction jusqu'à la naissance de la partie trouble, augmente graduellement de diamètre depuis le premier de ces points jusqu'au second, de sorte qu'il y a alors une section qui mérite réellement le nom de section contractée, attendu qu'elle est plus petite que celles qui la précèdent et que celles qui la suivent. (Voyez fig. 21.)

Malgré cette modification importante que subit la forme de la partie continue de la veine, des vibrations d'une période déterminée ne laissent pas d'agir sur elle de la même manière que quand le jet tombe librement de haut en bas (fig. 22), de sorte qu'il paraît que, quelle que soit la direction de la veine, l'écoulement a toujours lieu avec une vitesse périodiquement variable, et en même temps que la séparation et la formation des gouttes ne dépendent pas de l'accélération due à la pesanteur, puisqu'elles ont lieu également quand le jet est lancé de bas en haut.

§ XX.

Quant au nombre des pulsations à l'orifice, il devient d'autant moindre que l'angle que le jet descendant forme avec la verticale est plus grand, et que l'angle que le jet ascendant forme avec la même verticale est plus petit. La différence entre les nombres des vibrations qui conviennent au cas où le jet tombe verticalement et où il est lancé horizontalement est peu considérable; mais cette différence devient très grande entre le cas où le jet est horizontal et celui où il est vertical ascendant. Toutefois je ne puis rien préciser à ce sujet, parce que, quand le jet est lancé de bas en haut, seulement sous un angle de 45° (la charge étant de 50 c. et l'orifice de 3 millim. de diamètre), le choc de la partie trouble contre une membrane est déjà trop faible pour la mettre en vibration, de sorte qu'il ne reste plus, pour déterminer le nombre des pulsations, qu'à rechercher avec un instrument à cordes quel est le son qui modifie le plus fortement la forme et les dimensions de la veine, moyen qui étant sans contrôle, ne peut plus inspirer une entière confiance. Nous nous bornerons donc à dire que, pour la charge et l'orifice que nous venons d'indiquer, le nombre des pulsations estimé de cette manière a paru être de 355 par seconde, le jet étant lancé obliquement de bas en haut, sous l'angle de 45°, tandis que ce nombre était de 600, lorsque la veine était lancée verticalement de haut en bas.

Résumé.

Les divers résultats auxquels l'enchaînement des expériences contenues dans ce travail nous a successivement conduit étant rassemblés dans l'ordre le plus naturel, on arrive aux notions générales suivantes sur la constitution des veines liquides.

Premièrement, toute veine liquide lancée verticalement de haut en bas par un orifice circulaire pratiqué dans une paroi plane et horizontale est toujours composée de deux parties bien distinctes par l'aspect et la constitution. La partie qui touche à l'orifice est un solide de révolution dont toutes les sections horizontales vont en décroissant graduellement de diamètre. Cette première partie de la veine est calme et transparente, et ressemble à une tige de cristal. La seconde partie, au contraire, est toujours agitée, et paraît dénuée de transparence, quoiqu'elle soit cependant d'une forme assez régulière pour qu'on puisse facilement voir qu'elle est divisée en un certain nombre de renflemens allongés dont le diamètre maximum est toujours plus grand que celui de l'orifice.

Deuxièmement. Cette seconde partie de la veine est composée de gouttes bien distinctes les unes des autres, qui subissent, pendant leur chute, des changemens périodiques de forme, auxquels sont dues les apparences de ventres ou renflemens régulièrement espacés que l'inspection directe fait reconnaître dans cette partie de la veine, dont la continuité apparente dépend de ce que les gouttes se succèdent à des intervalles de temps qui

sont moindres que la durée de la sensation produite sur la rétine par chaque goutte en particulier.

Troisièmement. Les gouttes qui forment la partie trouble de la veine sont produites par des renflemens annulaires qui prennent naissance très près de l'orifice, et qui se propagent à des intervalles de temps égaux, le long de la partie limpide de la veine, en augmentant de volume à mesure qu'ils descendent, et qui enfin se séparent de l'extrémité inférieure de la partie limpide et continue à des intervalles de temps égaux à ceux de leur production et de leur propagation.

Quatrièmement. Ces renflemens annulaires sont engendrés par une succession périodique de pulsations qui ont lieu à l'orifice même; de sorte que la vitesse de l'écoulement, au lieu d'être uniforme, est périodiquement variable.

Cinquièmement. Le nombre de ces pulsations, même pour des charges faibles, est toujours assez grand, dans un temps donné, pour qu'elles soient de l'ordre de celles qui, par la fréquence de leur retour, peuvent donner lieu à des sons perceptibles et comparables. Ce nombre ne dépend que de la vitesse de l'écoulement, à laquelle il est directement proportionnel, et du diamètre des orifices, auquel il est inversement proportionnel. Il ne paraît altéré ni par la nature du liquide, ni par la température.

Sixièmement. L'amplitude de ces pulsations peut être considérablement augmentée par des vibrations de même période communiquées à la masse entière du liquide et aux parois du réservoir qui le contient. Sous cette influence étrangère, les dimensions et l'état de la veine peuvent subir des changemens remarquables : la lon-

gueur de la partie limpide et continue peut se réduire presqu'à rien, tandis que les ventres de la partie trouble acquièrent une régularité de forme et une transparence qu'ils ne possèdent pas ordinairement. Lorsque le nombre des vibrations communiquées est différent de celui des pulsations qui ont lieu à l'orifice, leur influence peut même aller jusqu'à changer le nombre de ces pulsations, mais seulement entre de certaines limites.

Septièmement. La dépense ne paraît pas altérée par l'amplitude des pulsations, ni même par leur nombre.

Huitièmement. La résistance de l'air n'influe pas sensiblement sur la forme et les dimensions des veines, non plus que sur le nombre des pulsations.

Neuvièmement. La constitution des veines lancées horizontalement ou même obliquement de bas en haut ne diffère pas essentiellement de celle des veines lancées verticalement de haut en bas; seulement le nombre des pulsations à l'orifice paraît devenir d'autant moindre que le jet approche plus d'être lancé verticalement de bas en haut.

Dixièmement. Quelle que soit la direction de la veine, son diamètre décroît toujours très rapidement jusqu'à une petite distance de l'orifice; mais quand la veine tombe verticalement, le décroissement continue jusqu'à ce que la partie limpide se perde dans la partie trouble: il en est encore de même quand la veine est lancée horizontalement, quoiqu'alors le décroissement suive une loi moins rapide. Lorsque le jet est lancé obliquement de bas en haut, et qu'il forme avec l'horizon un angle de 25 à 45°, toutes les sections normales à la courbe qu'il décrit deviennent sensiblement égales entre elles,

à partir de la partie contractée qui touche à l'orifice. Enfin, pour des angles plus grands que 45°, le diamètre de la veine va en augmentant depuis la partie contractée jusqu'à la naissance de la portion trouble; de sorte que c'est seulement alors qu'il existe une section qu'on peut à juste titre appeler section contractée.

Sur *le Phénomène des Couleurs accidentelles;*

Par M. Plateau.

En m'occupant de recherches relatives à certains phénomènes qui proviennent de l'action de la lumière sur l'organe de la vue, je suis arrivé à des résultats qui me permettent de grouper dans une même théorie un assez grand nombre de ces phénomènes observés et expliqués isolément par les physiciens. Je citerai comme exemple la persistance des impressions de la rétine, les couleurs accidentelles, l'irradiation, les effets de la juxta-position des couleurs, etc. Je vais tâcher de donner le plus succinctement possible une idée de mes résultats et de la théorie que je propose, en me réservant de revenir sur ce sujet avec développement dans un mémoire particulier.

Je commencerai par exposer mes idées sur la nature des couleurs accidentelles, par ce que de là dépend l'intelligence de ce qui doit suivre.

A. On doit regarder comme entièrement insuffisante

l'explication du phénomène des couleurs accidentelles la plus généralement admise, savoir que la portion de la rétine qui a reçu pendant quelque temps l'impression d'une couleur devient moins sensible aux rayons de cette couleur, de sorte que sa sensibilité devient relativement plus grande pour les rayons qui forment la teinte complémentaire.

Je ne citerai ici en faveur de mon opinion qu'un seul fait constaté depuis long-temps, mais totalement oublié, c'est que les couleurs accidentelles se voient parfaitement dans l'obscurité la plus complète, lorsqu'il n'existe par conséquent aucuns rayons lumineux qui puissent produire la sensation de la teinte complémentaire.

B. Les couleurs accidentelles sont dues à un état *opposé* que prend spontanément la rétine après la cessation des impressions directes.

Nous venons de voir que les couleurs accidentelles se montraient indépendamment de l'action immédiate de la lumière : c'est là ce que j'entends en disant qu'elles résultent d'une modification spontanée de la rétine. Quant à l'opposition entre la nature de la sensation accidentelle et de la sensation directe, opposition qui a été avancée, mais d'une manière vague, par Jurin et Darwin, voici les principales preuves que j'en donne.

1° Cette opposition est évidente pour l'image accidentelle *noire* qui suit la contemplation d'un objet *blanc*.

2° Les impressions accidentelles colorées *détruisent* les impressions directes correspondantes. Que l'on regarde pendant un temps suffisant un petit morceau de papier rouge posé sur un fond noir, et qu'on porte ensuite les yeux sur un grand morceau de ce même papier

rouge, l'espace occupé par l'image du petit papier paraîtra noirâtre, sans mélange de rouge : ainsi l'impression directe rouge est détruite en cet endroit par l'impression accidentelle verte.

3° Dans les cas où la combinaison des couleurs réelles produit le blanc, la combinaison des couleurs accidentelles produit l'opposé du blanc, ou le noir. Par exemple, tandis que deux couleurs réelles complémentaires produisent ensemble du *blanc*, deux couleurs accidentelles complémentaires produisent ensemble du *noir*.

On peut s'assurer du fait par l'expérience : on place sur un fond noir un rectangle de papier dont les deux moitiés soient peintes de deux couleurs complémentaires, par exemple de rouge et de vert, comme l'indique la fig. 1, le milieu de chacune des portions colorées étant marqué d'un point noir. Alors si l'on porte alternativement les yeux de l'un de ces points à l'autre pendant un temps suffisant, il en résultera au fond de l'œil une image formée par la superposition du vert accidentel produit par la moitié rouge, et du rouge accidentel produit par la moitié verte, ou en d'autres termes, par la superposition de deux couleurs accidentelles complémentaires. Eh bien, si l'on se couvre alors subitement et complètement les yeux d'un mouchoir, cette image paraîtra parfaitement *noire*, ayant à sa droite une image rouge et à sa gauche une image verte (en supposant que les moitiés verte et rouge du rectangle soient placées comme dans la figure). La production de ces deux images latérales s'explique d'ailleurs d'elle-même.

Ainsi, en résumé, les couleurs accidentelles ne sont pas dues à une simple diminution dans la sensibilité de

la rétine, ce sont des sensations nouvelles d'une nature opposée aux sensations directes correspondantes.

Pour avoir une manière commode et plus juste de désigner les deux genres d'impressions opposées au lieu de couleurs ou impressions accidentelles, je dirai ordinairement couleurs ou impressions négatives, et par suite, au lieu de couleurs réelles ou impressions directes, je dirai couleurs ou impressions positives.

Ce qui précède étant compris, je vais essayer de donner une idée du point de vue général sous lequel j'envisage les phénomènes qui font l'objet de ces recherches.

Lorsqu'une portion de la rétine exposée à l'action de la lumière est subitement soustraite à cette action, les phénomènes de la persistance des impressions et de l'apparition des couleurs accidentelles, prouvent que cette portion de la rétine ne reprend pas instantanément l'état normal.

D'un autre côté, si la lumière continue d'agir et que l'on considère les parties de la rétine qui environnent l'espace directement excité, l'irradiation ainsi que d'autres phénomènes dont je parlerai plus loin, prouvent que ce n'est qu'à une certaine distance du contour de cet espace que la rétine se retrouve sensiblement à l'état normal.

On peut donc considérer sous deux points de vue différens le passage de l'état d'excitation de la rétine à l'état de repos.

1° *Selon le temps.* C'est-à-dire en examinant de quelle manière la portion qui avait reçu l'impression de

la lumière repasse à l'état normal lorsque la lumière a cessé d'agir.

2° *Selon l'espace*. C'est-à-dire en supposant que la lumière ne cesse pas d'agir, et en examinant suivant quelle loi se modifie la sensation autour de l'espace directement affecté, à partir du contour de cet espace jusqu'aux points sensiblement en repos.

Or, la discussion des expériences précédemment faites et des résultats de mes propres observations, m'a conduit aux conclusions suivantes :

Le passage de l'état d'excitation de la rétine à l'état de repos se fait suivant des lois semblables, soit qu'on l'envisage selon le temps ou selon l'espace.

Dans le premier cas, aussitôt que la rétine est abandonnée à elle-même, l'impression qui s'efface prend un mouvement oscillatoire plus ou moins régulier, en vertu duquel elle passe d'abord de l'état positif à l'état négatif, puis revient vers le positif qu'elle atteint quelquefois de nouveau pour repasser encore au négatif, et ainsi de suite, en s'affaiblissant toujours jusqu'à s'anéantir complètement.

L'intervalle qui s'écoule entre l'instant où la rétine est abandonnée à elle-même et celui où l'impression, après avoir décru plus ou moins rapidement, commence à prendre l'état négatif, constitue ce que l'on a nommé la durée de la sensation de la vue, et les phases négatives de l'impression sont les couleurs accidentelles.

Dans le second cas, maintenant, l'impression décroît tout autour de la portion de la rétine directement excitée jusqu'à une petite distance du contour de cette portion, pour prendre au-delà l'état négatif, puis, plus

loin encore, revenir vers le positif qu'elle atteint quelquefois de nouveau, toujours en s'affaiblissant jusqu'à devenir insensible.

Ainsi, dans ce cas, on peut dire que des oscillations selon l'espace remplacent les oscillations selon le temps.

La petite bande positive, d'une intensité décroissante, qui entoure la portion directement excitée, et qui a pour largeur la distance entre le contour de cette portion et la limite où commence l'état négatif, constitue le phénomène de l'irradiation; et la bande négative qui s'étend au-delà produit les effets connus de la juxta-position des couleurs, ceux des ombres colorées, etc.

Ces mouvemens oscillatoires des impressions qui s'effacent soit selon le temps soit selon l'espace, peuvent aisément être représentés par des courbes : il suffit de prendre pour ordonnée l'intensité de l'impression, les ordonnées positives et négatives correspondantes aux états positif et négatif de cette impression, et de prendre pour abscisses d'une part *le temps*, compté à partir de l'instant où la rétine est abandonnée à elle-même, et de l'autre *l'espace*, c'est-à-dire la distance au contour de la portion directement excitée.

De cette façon, les oscillations selon le temps seront figurées par des courbes analogues aux fig. 2, 3, 4, etc., car ces oscillations n'ont pas toujours lieu de la même manière : elles varient avec la sensibilité des yeux, et surtout avec les circonstances dans lesquelles se fait l'expérience. Dans toutes ces courbes, *ab* désigne l'intensité de l'impression positive à l'instant où la rétine est abandonnée à elle-même, et *am* représente la durée de la sensation de la vue; car pendant le temps *am*

l'impression conserve la couleur de l'objet qui l'a fait naître.

Dans le cas de la fig. 2, on voit que l'impression une fois devenue négative ne repasse plus au positif, mais qu'elle se borne à disparaître et à reparaître graduellement en s'affaiblissant toujours. C'est celui qui s'observe le plus fréquemment.

J'ai observé et bien constaté les deux autres cas : celui de la fig. 4, par exemple, dans lequel il y a excursions alternatives de part et d'autre de l'état normal, a été parfaitement vu par M. Quetelet, qui a bien voulu répéter mon expérience.

Quant aux oscillations selon l'espace, les deux cas constatés jusqu'ici par l'expérience sont figurés par des courbes analogues aux fig. 5 et 6, dans lesquelles $\alpha\beta$ désigne l'intensité de l'impression positive au contour de la portion de la rétine directement excitée, et $\alpha\mu$ désigne l'étendue de l'irradiation. Il est bien entendu que les dimensions selon l'espace sont exagérées, et qu'il ne s'agit ici que de représenter l'ensemble des phénomènes et non d'en donner la mesure.

Dans le cas de la fig. 5, qui est le plus fréquent, l'impression une fois devenue négative conserve cet état jusqu'à une distance considérable du contour de la portion directement affectée, et ne paraît plus au positif.

Dans le cas de la fig. 6, dont j'ai également constaté l'existence, l'espace négatif a une largeur $\mu\pi$ beaucoup moindre que dans le cas précédent, puis reparaît au-delà l'état positif qui s'étend beaucoup plus loin sans qu'il paraisse faire place de nouveau au négatif.

Telles sont les lois qui, si les inductions que j'ai ti-

rées de l'expérience sont vraies, réagissent le passage de l'état d'excitation de la rétine à l'état de repos, selon le temps et selon l'espace. Je vais tâcher de donner en peu de mots une idée des preuves sur lesquelles je fonde leur existence.

Premier cas. Tous les physiciens sont d'accord sur ce point, que l'impression directe survit pendant quelque temps à la cause qui l'a produite. Ils ne le sont pas moins sur cet autre fait, que si, après avoir fixé les yeux pendant quelque temps sur un objet coloré, on cesse tout à coup de le regarder, on distingue bientôt une image de même forme que l'objet, mais d'une couleur complémentaire de la sienne. Si, en faisant l'expérience de cette manière on ne commence pas ordinairement par apercevoir l'impression directe qui décroît avant l'apparition de l'impression accidentelle, c'est que le temps pendant lequel la première continue de subsister est trop court; mais la continuation de l'impression directe, immédiatement après la disparition de l'objet, n'en est pas moins un fait bien constaté. Si maintenant on m'accorde que, comme je crois l'avoir prouvé, l'impression accidentelle est de nature opposée à l'impression directe qui la précède, on devra nécessairement admettre l'existence d'une première oscillation en vertu de laquelle l'impression passe de l'état positif à l'état négatif. Quant aux oscillations subséquentes, celles que représente la fig. 1 résultent d'un fait observé depuis long-temps, savoir que, dans les circonstances ordinaires, l'image accidentelle disparaît et reparaît alternativement en s'affaiblissant toujours. Pour voir les oscillations de la fig. 4, j'appliquais à l'un de mes yeux

un tube noir d'environ 50 centimètres de long et 3 de diamètre, tandis que je me couvrais parfaitement l'autre œil d'un mouchoir, et je regardais fixement, pendant au moins une minute, un papier rouge exposé au grand jour : puis, enlevant subitement le tube sans découvrir l'autre œil, je regardais le plafond blanc de l'appartement. Alors je voyais une image circulaire verte qui, après quelque temps, faisait place à une image rouge, d'une intensité faible, à la vérité, et d'une très petite durée, mais parfaitement visible; puis reparaissait la couleur verte qui, peu de temps après, était encore remplacée par une image rougeâtre, et ainsi de suite trois ou quatre fois, les deux impressions opposées étant de moins en moins intenses.

Deuxième cas. Les physiciens expliquent le phénomène de l'irradiation qui consiste, comme on sait, en ce qu'un objet d'une couleur claire placé sur un fond sombre et regardé d'une certaine distance, paraît sensiblement amplifié, en admettant que lorsqu'une image se forme au fond de l'œil, l'impression directe s'étend un peu au-delà des limites de l'espace que frappe la lumière. D'un autre côté, une foule d'expériences faites par Rumford, Prieur de la Côte-d'Or, et en dernier lieu par M. Chevreul, conduisent à ce résultat qu'il se manifeste autour de l'image, et jusqu'à une distance quelquefois considérable, l'impression d'une couleur complémentaire de celle de l'image (1). M. Chevreul, par exemple, prouve que si l'on juxta-pose deux cou-

(1) Impression que toutes les analogies portent à regarder comme étant de même nature que les couleurs accidentelles.

leurs différentes, elles se modifieront réciproquement de telle manière, qu'à chacune d'entre elles s'ajoutera la complémentaire de l'autre; il prouve de plus que cet effet s'étend à une grande distance en décroissant d'intensité. Eh bien, puisque l'irradiation nous montre que l'impression positive s'étend un peu au-delà des limites de l'espace directement excité par la lumière, et que d'autres expériences nous prouvent qu'il se forme tout autour de l'image une impression négative qui s'étend généralement au loin, nous devons en conclure le passage de l'impression, selon l'espace, du positif au négatif, ou, en d'autres termes, l'existence d'une première oscillation. Quelquefois, comme je l'ai dit, l'impression repasse encore d'une manière visible à l'état positif, et en voici un exemple : placez une feuille de papier rouge entre une fenêtre et l'œil, et tenez à une certaine distance en avant de la feuille, une petite bande de carton blanc d'environ 10 à 12 millimètres de largeur : alors si les positions du papier rouge, de la petite bande blanche et de l'œil sont convenablement choisies, les bords de la petite bande paraîtront verts et l'intérieur se teindra d'un rouge très faible mais parfaitement visible. Ainsi l'impression rouge du papier, après s'être changée vers les bords du carton en une impression négative verte, repasse plus loin à l'état positif rouge.

En envisageant sous le point de vue général, dont je viens de donner une idée, le passage de l'état d'excitation de la rétine à l'état de repos, on voit que nous lions ensemble, d'une part, tous les phénomènes qui se rapportent à la durée de la sensation de la vue et aux

couleurs accidentelles ; et d'une autre part, l'irradiation, les effets de la juxta-position des couleurs, les résultats des expériences de Prieur et de Rumford, et quelques autres phénomènes dont il serait trop long de parler ici, tels que celui des ombres colorées. De plus, ces deux groupes de phénomènes dépendent, comme on l'a vu, de lois semblables.

En résumé, lorsque la lumière a frappé une portion de la rétine, quelque opinion que l'on se forme sur la nature de cette excitation, il est naturel de supposer que la portion excitée, et abandonnée ensuite à elle-même, ne peut reprendre instantanément l'état de repos. De même, si la lumière continue son action, on doit regarder comme très probable, à part tout résultat d'expérience, qu'à la limite de l'espace directement excité, l'état d'excitation et l'état de repos ne se touchent pas d'une manière discontinue. On pouvait donc prévoir *à priori* les effets de la durée de la sensation et ceux de l'irradiation. Mais si l'on s'était demandé, avant d'avoir recours à l'observation, suivant quelles lois la rétine pouvait repasser à l'état normal selon le temps et selon l'espace, les hypothèses les plus simples à faire, celles auxquelles devrait conduire l'analogie, étaient, me semble-t-il, les suivantes : dans le premier cas, on pouvait supposer que la rétine revient à l'état normal de telle manière que l'impression décroît graduellement d'intensité sans changer d'état, comme la température d'un corps qui se refroidit librement s'abaisse peu à peu jusqu'à atteindre celle du milieu environnant ; ou bien, on pouvait croire que la rétine, écartée de son état normal et abandonnée subitement à elle-même, revient à

cet état normal par un mouvement oscillatoire, à la manière d'un ressort, de sorte que l'impression passe alternativement par deux états opposés. Or, nous avons vu combien était remarquable l'accord des résultats de l'expérience avec cette seconde hypothèse. Dans le second cas, c'est-à-dire lorsqu'il s'agit de l'espace, l'analogie devait aussi nous porter à admettre deux suppositions analogues, savoir, ou bien que l'impression décroît graduellement sans changer d'état tout autour de l'espace directement excité, comme la température d'un corps chauffé en l'un de ses points décroît graduellement tout autour de ce point; ou bien qu'en s'éloignant de l'espace directement excité, se manifestent des effets alternativement opposés, à peu près comme un corps sonore se divise en portions vibrantes d'une manière opposée et séparées par des lignes de repos, ou comme les magnétismes contraires se succèdent dans un barreau qui présente des points conséquens, etc., etc. Or, nous avons vu aussi que les faits s'accordent avec cette dernière hypothèse.

Ainsi, dans cette théorie, tous les phénomènes en question seraient de simples effets d'une loi de continuité. Si l'on compare la simplicité et la généralité de ce point de vue avec la multiplicité et l'isolément des hypothèses proposées jusqu'ici pour l'explication de tous ces effets, il me semble que cette considération établit un nouvel argument bien puissant en faveur de mes idées.

Si l'on admet cette théorie, on doit regarder comme très probable que les impressions des autres sens présentent également des effets d'oscillations. Peut-

être même ne serait-ce pas sans probabilité que l'on étendrait l'idée de ces mouvemens oscillatoires à des phénomènes d'un ordre plus élevé, c'est-à-dire à des faits purement moraux : on aurait alors l'explication des phénomènes de contraste ; on verrait, par exemple, pourquoi, lorsque la cause qui produisait en nous une douleur morale vient à cesser subitement, nous ne sommes pas simplement ramenés à l'état où nous nous trouverions si cette cause n'avait pas existé, mais nous éprouvons un sentiment de plaisir, c'est-à-dire un sentiment *opposé*. Je ne pousserai pas plus loin ces considérations qui m'écartent de mon sujet ; mais je présente ces dernières idées avec d'autant plus de confiance, que je puis m'appuyer à cet égard de l'autorité de M. Quetelet qui, en partant de données bien différentes, est arrivé, dans ses recherches sur la mesure de l'influence des causes qui modifient les élémens sociaux, à des conclusions analogues tant pour l'homme moral considéré individuellement, que pour le corps social lui-même.

De *quelques Produits nouveaux obtenus par l'action des Alcalis sur les Corps gras à une haute température ;*

Par A. Bussy.

Mémoire présenté à l'Académie des Sciences le 2 septembre 1833.

Il arrive assez fréquemment dans les recherches de chimie organique que des corps nouveaux se présentent

à l'attention de l'observateur. Mais s'il se bornait à constater leurs propriétés et à indiquer leurs applications présumables, il n'aurait rempli que la moitié de sa tâche, et la science n'aurait pas beaucoup à gagner à l'accumulation de ces produits nouveaux. Ce qui importe surtout à l'avancement de la science, c'est d'étudier les réactions à l'aide desquelles les produits organiques se transforment les uns dans les autres, d'établir leurs rapports de composition, la filiation qui existe entre le produit principal et ses dérivés, de manière à ce qu'on puisse saisir facilement la loi de ces modifications et les classer ensuite d'une manière systématique.

C'est sous ce point de vue particulièrement que j'ai examiné les produits nouveaux dont j'ai l'honneur d'entretenir l'Académie, persuadé que les élémens d'un bon système de chimie organique manquent encore, et que les progrès de cette partie de la science dépendent pour le moment de la persévérance des chimistes et de la multiplicité des recherches.

Il y a déjà quelques années que nous avons, M. Le Canu et moi, montré que lorsqu'on soumettait à l'action de la chaleur certains corps gras, particulièrement les corps gras d'origine animale, on obtenait pour produit de cette décomposition un mélange d'acide oléique et d'acide margarique, plus d'autres substances pyrogénées; mais ces produits ne sont plus les mêmes lorsqu'au lieu de chauffer seules les matières grasses, on les chauffe avec la chaux, la baryte, la strontiane, la potasse et la soude.

Si l'on prend, par exemple, 100 grammes de suif, qu'on les distille dans une cornue de verre avec la moi-

tié de leur poids de chaux vive, et qu'on fractionne les produits, on obtiendra en premier lieu une masse liquide qui se solidifiera par le refroidissement; sa couleur, à peine sensible dans les premiers temps de l'opération, deviendra de plus en plus jaune, sa consistance diminuera et sera tout-à-fait liquide sur la fin de l'opération.

Si, après avoir réuni les portions solides ou molles provenant de cette distillation, on les soumet à la presse entre plusieurs doubles de papier joseph, on absorbe une matière huileuse empyreumatique jaune, et l'on obtient d'une autre part une substance solide, brillante, nacrée, très légèrement colorée en jaune, qu'on purifie aisément en la traitant par l'alcool bouillant dans lequel elle se dissout à chaud, et d'où elle se sépare en grande partie par le refroidissement. Cette matière présente quelques uns des caractères extérieurs de l'acide margarique, mais en diffère en réalité par des propriétés très tranchées, entre autres par l'absence de toute acidité et par l'impossibilité d'être saponifiée quand on la traite par les alcalis caustiques et concentrés à chaud ou à froid.

Cette matière nouvelle, qui est douée d'ailleurs de quelques propriétés assez curieuses, me parut mériter un examen approfondi sous le point de vue de sa composition et de l'analogie qu'elle peut présenter avec les corps gras qui la fournissent. Mais pour pouvoir faire cet examen avec avantage, j'ai cherché d'abord à simplifier les conditions de sa préparation.

Les corps gras présentent, comme on le sait depuis les beaux travaux de M. Chevreul, une composition très compliquée, et se transforment facilement par l'influence des alcalis en d'autres composés acides; il était

donc assez naturel de penser que les matières produites par la distillation du suif avec la chaux provenaient de la réaction secondaire de l'alcali sur les acides gras formés par l'action de la chaux elle-même à une plus basse température. Cette supposition, que l'expérience a vérifiée, m'a permis, en simplifiant l'opération, d'en mieux établir la théorie.

J'ai donc distillé successivement avec de la chaux de l'acide margarique, de l'acide stéarique et de l'acide oléique. J'ai obtenu avec chacun de ces acides des matières particulières dont je vais parler en détail.

Acide margarique.

L'acide margarique dont je me suis servi a été obtenu par la distillation du suif et purifié par pression et cristallisation dans l'alcool; il fondait à 56°. J'ai préféré cet acide à celui qu'on obtient par la saponification, parce qu'il ne renferme point d'acide stéarique et qu'on le purifie facilement des produits liquides auxquels il se trouve uni.

Mélangé avec le quart de son poids de chaux vive et distillé dans une cornue en fractionnant les produits, on obtient d'abord une petite quantité d'eau, puis une masse molle d'où on retire par la pression une matière semblable à celle que fournit le suif. Les dernières portions de l'acide éprouvent une décomposition plus complète; car, sur la fin, les produits passent colorés, empyreumatiques, et il reste dans la cornue de la chaux mêlée de carbonate et d'une petite quantité de charbon qui la colore en noir. 40 grammes d'acide margarique

traités de cette manière ont donné 28 grammes de produit solide légèrement jaunâtre, tachant le papier par la pression, desquels on a obtenu 22 grammes de matière sèche, cette dernière privée de matière liquide fondait à 74°. On l'a traitée à plusieurs reprises par l'alcool à 36° bouillant; après 11 traitemens successifs, le point de fusion de la dernière portion dissoute s'est élevé à 77° et est resté alors stationnaire. J'ai obtenu encore des résultats semblables en chauffant dans une cornue du margarate de chaux, préparé en dissolvant de l'acide dans de l'eau de potasse faible, et précipitant au moyen d'une dissolution d'hydrochlorate de chaux.

La matière obtenue dans ces diverses circonstances est d'un blanc pur, brillante et nacrée quand on la retire de l'alcool où elle s'est précipitée. Elle fond, comme nous venons de le dire, à 77°, cristallise confusément par le refroidissement, se rapproche alors pour l'aspect de l'acide margarique ou du blanc de baleine. Elle ne conduit pas l'électricité, s'électrise très fortement par le frottement ou par la pression; triturée dans un mortier d'agathe, on la voit souvent s'élever sur les bords du mortier ou le long du pilon et adhérer au papier dont on se sert pour la remuer. Si on la chauffe dans une cornue, elle entre en ébullition et passe à la distillation sans avoir éprouvé d'altération notable, et sans résidu. A une haute température elle brûle avec une flamme très éclatante et exempte de fumée; il en est de même lorsqu'on brûle une mèche de coton ou un papier qui en sont imprégnés.

Elle se dissout dans l'alcool à 36° bouillant, mais beaucoup moins abondamment que l'acide margarique;

un gramme s'est complètement dissous dans 50 grammes. La matière s'est d'abord divisée en globules non miscibles à l'alcool qui gagnaient la partie inférieure et qui se sont ensuite dissous par l'agitation. Par le refroidissement, la majeure partie de la matière s'est précipitée. L'eau la précipite aussi de cette dissolution. L'alcool à 40° la dissout plus facilement et en plus grande quantité. 3 grammes se sont dissous complètement dans 20 grammes d'alcool. La dissolution s'est prise en masse par le refroidissement. L'éther sulfurique en dissout à chaud plus de $\frac{1}{5}$ de son poids dont la plus grande partie se précipite par le refroidissement. L'éther acétique la dissout en grande quantité à chaud; par le refroidissement le liquide se prend en masse nacrée. Il en est de même de l'essence de térébenthine. Elle ne se mêle point au phosphore par la fusion, mais en dissout une certaine quantité. Elle se combine au camphre en toute proportion. Traitée par une dissolution de potasse concentrée et bouillante, elle n'éprouve pas d'altération. L'acide sulfurique la colore et la décompose complètement avec dégagement d'acide sulfureux. 1 gramme chauffé légèrement avec 2 grammes d'acide sulfurique s'est coloré d'abord en rouge, puis en brun, puis en noir foncé, et au bout de quelques instans, la matière s'est trouvée transformée complètement en une masse charbonneuse. Cette réaction a été accompagnée d'un dégagement considérable d'acide sulfureux et de petites détonations (on opérait dans un tube de verre de deux centimètres de diamètre). L'acide nitrique ne l'attaque que très faiblement et à chaud. Exposée dans un tube à l'action d'un courant de chlore desséché, et sous l'influence

d'une douce température, elle se trouve transformée complètement en une matière incolore, transparente, liquide et visqueuse à la température ordinaire.

Cette matière que j'ai désignée sous le nom de *margarone*, présente par ses propriétés quelque analogie avec la paraffine de M. Reichenbach; elle s'en rapproche aussi par la composition, comme on le verra tout à l'heure, mais elle en diffère cependant essentiellement par son point de fusion qui est de 77°, tandis que la paraffine fond à 43° $\frac{3}{4}$; en second lieu, l'acide sulfurique, qui est sans action sur la paraffine, décompose complètement la margarone.

Composition.

L'analyse de la margarone a été faite au moyen de l'appareil de Liebig, et la quantité d'eau recueillie par le chlorure de calcium.

5 analyses faites sur 0,5 grammes ont donné :

	I.	II.	III.	IV.	V.
Acide carbonique.	1,51	1,51	1,505	1,504	1,506
Eau.	0,609	0,612	0,606	0,610	0,602

La moyenne de l'acide carbonique serait d'après ces expériences 1,507 et la moyenne de l'eau, 0,608.

Ce qui donne pour la composition en centièmes :

Carbone.	83,34	
Hydrogène.	13,51	(*A*)
Perte en oxigène. . .	3,15	

Cette composition montre que la substance analysée

se rapproche beaucoup de l'hydrogène carboné. La quantité d'oxigène y est très faible comme on le voit, et eu égard au poids de son atome, il ne doit entrer dans le composé que pour une proportion atomique très faible. Afin de ne laisser aucun doute cependant sur la présence de l'oxigène, j'ai traité la substance fondue par le potassium qui s'y est altéré à chaud, et qui a donné naissance à une petite quantité de gaz inflammable. Il est inutile de dire que la matière elle-même avait été tenue long-temps en fusion à la température de 120° pour la dessécher aussi complètement que possible.

Il est très difficile de tirer de cette analyse une composition atomique quelconque, car en supposant même un seul atome d'oxigène, il y aurait plus de 70 atomes d'hydrogène, et les limites des erreurs inévitables, dans la détermination de l'hydrogène surtout, ne permettent d'accorder aucune confiance au nombre d'atomes que donne le calcul. C'est pour des cas semblables qu'il importe surtout de considérer la composition donnée par l'expérience sous un point de vue théorique qui permette d'en critiquer les résultats et de rectifier les erreurs auxquelles on ne peut se soustraire.

J'ai essayé d'abord dans cette intention de prendre la densité de la vapeur de la margarone par le procédé de M. Dumas; mais une proportion notable de la margarone se trouvant altérée avant d'être complètement volatilisée, j'ai dû renoncer à ce moyen.

Cependant si l'on compare la composition trouvée avec celle de l'acide margarique lui-même, on peut découvrir entre elles des rapports très remarquables. En

effet, d'après l'analyse de Chevreul, l'acide margarique est composé de :

Carbone......	79,053		C^{35}
Hydrogène....	12,010	(*B*)	H^{65}
Oxigène......	8,937		O^{3}

L'acide stéarique, suivant le même chimiste, serait composé de :

Carbone.......	80,145
Hydrogène.....	12,478
Oxigène.......	7,377

et sa formule serait $C^{70}\ H^{134}\ O^{5}$.

Mais d'après des considérations, qui me paraissent très puissantes, M. Berzélius pense que la vraie formule de l'acide margarique est $C^{35}\ H^{67}\ O^{3}$; de sorte que si l'on représente par R la quantité $C^{35}\ H^{67}$, les deux acides dont il est question auraient le même radical et seraient représentés l'un par $R\ O^{3}$ et l'autre par $R^{2}\ O^{5}$, toute la différence porte, comme on le voit, sur 2 at. d'hydrogène de plus ou de moins, et si l'exactitude bien connue de l'auteur de l'analyse paraît d'abord ne pas permettre cette modification, elle peut en quelque sorte être justifiée par la difficulté de purifier complètement les produits sur lesquels il a opéré (1).

(1) Ces rapports de composition n'avaient pas échappé à M. Chevreul lui-même, qui avait proposé de désigner l'acide stéarique sous le nom d'acide margareux. Cette innovation, qui put paraître trop hardie à cette époque, serait suffisamment justifiée aujourd'hui par les découvertes récentes faites en chi-

Quoi qu'il en soit, si l'on adopte la formule $O^3 H^{67} C^{35}$ pour l'acide margarique, on voit qu'elle peut être représentée par $C O^2 + O H^{67} C^{34}$. Le composé $O H^{67} C^{34}$ donne en centièmes :

Carbone........	83,38
Hydrogène......	13,41
Oxigène........	3,21

La matière analysée *A* donne :

Carbone..........	83,34
Hydrogène........	13,51 (1)
Oxigène.........	3,15

Ces nombres ont avec les premiers une concordance presque parfaite, d'où il résulte que la composition de la margarone serait représentée par $O H^{67} C^{34}$, et elle ne serait autre chose que de l'acide margarique moins un atome d'acide carbonique, car $O H^{67} C^{34} = O^3 H^{67} C^{35} - Co^2$. Pour vérifier cette composition par une

mie organique. Je dois ajouter aussi que, dans son premier Mémoire sur les corps gras, M. Chevreul en parlant de la distillation de l'acide margarique, dit que parmi la très petite quantité de produits non saponifiables provenant de cette distillation, il a remarqué une substance solide nacrée ayant beaucoup d'analogie avec l'acide margarique. Il serait possible que cette matière ne fût autre chose que la margarone. C'est un fait à vérifier, mais dont l'explication rentrerait facilement dans la théorie que nous donnons.

(1) Les résultats de cette analyse sont presque identiques avec ceux que M. Pelletier a obtenus de l'ambréine. (*Annales de Chimie et de Physique*, II, 51.)

autre expérience, j'ai mélangé très exactement de l'acide margarique avec de la baryte caustique dans le rapport d'un atome de chacune des deux substances, en tenant compte de la quantité d'eau que renferme l'acide margarique cristallisé. J'ai obtenu effectivement pour produit distillé la même matière, et pour résidu 1 atome de carbonate de baryte noirci pour une petite quantité de carbone. Si l'on multiplie par 3 le nombre d'atomes de la matière distillée, on a $O^3\ H^{201}\ C^{102} = O^3\ H^{67}\ C^{35} + H^{134}\ C^{67}$, c'est-à-dire qu'elle est représentée par de l'acide margarique plus de l'hydrogène bi-carboné. Dans ce cas, ce serait, comme on voit, une espèce d'éther margarique dans lequel les propriétés de l'acide seraient neutralisées par l'hydrogène carboné.

Cette matière offre, sous ces rapports, une analogie frappante avec l'esprit pyro-acétique qui, d'après les analyses de MM. Liebig d'une part, et Dumas de l'autre (*Annales de Chimie et de Physique*), peut être représenté par de l'acide acétique, plus de l'hydrogène carboné hydraté (1). La margarone dont la formule est $C^{34}\ H^{67}\ O$ ou $C^{68}\ H^{134}\ O^2$ peut être représentée elle-même par de l'hydrogène carboné, plus de l'acide carbonique, puisque $C^{68}\ H^{134}\ O^2 = Co^2\ C^{67}\ H^{134}$; il était donc naturel de penser qu'en traitant la margarone

(1) Dans le mémoire que j'ai présenté à l'Académie des Sciences, j'avais adopté le nom d'esprit pyro-margarique en raison de l'analogie de composition qui existe entre cette matière et l'esprit acétique; mais d'après les justes observations de MM. Thenard et Chevreul, rapporteurs de mon travail, j'ai dû changer cette dénomination. J'ai adopté celle de margarone,

par des alcalis caustiques à une haute température, on enlèverait le demi-atome d'acide carbonique qu'elle renferme et qu'on obtiendrait de la paraffine. C'est ce qui arrive effectivement, mais d'une manière incomplète, en raison d'abord de ce qu'il n'y a pas de combinaison entre la margarone et l'alcali à une basse température, et que, lorsqu'on vient à chauffer le mélange, la volatilité de la margarone fait qu'elle échappe en grande partie à l'action de la base. Néanmoins, lorsque l'on distille de la margarone avec la moitié de son poids de chaux caustique, on obtient pour produit une matière dont le point de fusion n'est plus que vers 60° environ, dont les caractères se rapprochent de ceux de la paraffine, et le résidu renferme une certaine quantité de carbonate de chaux. Je ne doute pas qu'en multipliant les traitemens d'une manière convenable on ne parvînt à convertir complètement la margarone en paraffine. Ainsi l'acide margarique pouvant être représenté dans ses élémens par de l'acide carbonique, plus de l'hydrogène bi-carboné, si l'on soustrait d'abord au moyen de la distillation avec les alcalis les $\frac{2}{3}$ de l'acide carbonique qu'il contient, on le transformera en margarone, et si l'on enlève ensuite le dernier tiers, on l'analyse complètement, et on la convertit en paraffine.

---

substantif féminin formé de margarique. Cette dénomination a l'avantage de se prêter avec facilité à la formation de noms composés, et rappelle en même temps la substance primitive. D'après ce principe de nomenclature, les esprits pyro-acétique, stéarique, oléique, devront être désignés par les expressions de acétone, stéarone, oléone.

Acide stéarique.

Après avoir examiné en détail l'action de la chaux sur l'acide margarique, l'analogie conduisait à essayer sous le même point de vue les autres acides gras, l'acide stéarique et l'acide oléique.

L'acide stéarique traité de la même manière que l'acide margarique donne lieu comme lui à la formation d'une substance fort analogue à la première, mais moins fusible, et dont la composition est un peu différente. Elle est en centièmes de

Carbone..........	84,78	
Hydrogène........	13,77	(*C*)
Oxigène..........	1,45	

D'après l'analyse de Chevreul, un atome d'acide stéarique est $O^5\ H^{134}\ C^{70}$ qui sature 2 atomes de base. Si l'on en sépare la quantité d'acide carbonique nécessaire à la saturation de ces 2 atomes de base qui, lorsqu'on distille l'acide stéarique avec les alcalis, restent dans la cornue à l'état de carbonate, on a $O^5\ H^{134}\ C^{70} = O^4\ C^2 + H^{134}\ C^{68}\ O$. La composition de cette deuxième partie $H^{134}\ C^{68}\ O$ exprimée en centièmes est de

Carbone.........	84,738
Hydrogène.......	13,630
Oxigène.........	1,632

qui correspond presque exactement à la composition *C*.

Dans ce cas, cette matière à laquelle nous donnons le nom de stéarone serait aussi une espèce d'éther repré-

senté par ($O\ H^{134}\ C^{68}$), qui multiplié par 5 = $O^5\ H^{670}\ C^{340} = O^5\ H^{134}\ C^{70} + H^{536}\ C^{270}$, c'est-à-dire de l'acide stéarique et de l'hydrogène carboné. Mais ici l'hydrogène et le carbone ne se trouveraient pas précisément dans la proportion de l'hydrogène bi-carboné. Si l'on représente par K la quantité $H^{67}\ C^{34}$, la margarone se trouve représentée par OK et la stéarone par OK^2.

La stéarone présente la plupart des caractères extérieurs de la margarone.

Purifiée par cristallisation dans l'alcool, elle ne fond qu'à 86°, elle est aussi moins soluble dans l'alcool et l'éther. La stéarone et la margarone pourraient en raison de leur facile combustibilité et de la propriété qu'elles ont de n'entrer en fusion qu'à une température très élevée, remplacer utilement la cire et d'autres combustibles dans l'éclairage de luxe ; mais elles ont comme les acides margarique et stéarique l'inconvénient d'être extrêmement fluides lorsqu'on les a fondues.

Acide oléique.

Lorsqu'on traite l'acide oléique comme les deux précédens, on obtient aussi du carbonate de chaux pour résidu, mais pour produit distillé, une matière liquide même dès le commencement de l'opération, qui ne laisse déposer que des traces de substances solides. Cette matière n'est point acide, non saponifiable, et paraît être à l'acide oléique ce que sont aux deux acides précédens la margarone et la stéarone. La difficulté d'obtenir de l'acide oléique pur et d'isoler complètement l'oléone des autres produits liquides que peut donner la

distillation, m'ont détourné jusqu'ici de fixer par l'expérience sa composition et ses rapports avec celle de l'acide dont elle provient.

Mais s'il est permis de se faire dès à présent une opinion sur la composition de ce produit, on est autorisé par l'analogie la plus frappante à le considérer comme de l'acide oléique moins de l'acide carbonique, et si l'on admet, d'après M. Chevreul, pour la composition de l'acide oléique la formule $C^{70} H^{120} O^5$, celle de l'oléone serait $C^{58} H^{120} O = C^{70} H^{120} O^5 - C^2 O^4$.

Sur *la Solanine*;

Par le Dr Jul. Otto (1).

Depuis que Desfosses a trouvé un alcaloïde dans quelques espèces de solanées, on a beaucoup écrit pour affirmer ou nier sa présence dans la pomme de terre. Quoique j'aie fait un grand nombre d'expériences, je n'ai pu jusqu'à présent trouver de solanine dans les pommes de terre, et ce résultat est d'accord avec l'observation que les pommes de terre entièrement mûres ne produisent aucun effet nuisible. Mais les accidens qu'on a remarqués à Brunswick, en donnant au gros bétail des résidus d'eau-de-vie de pommes de terre germées, ont

(1) Extrait d'une lettre adressée à M. Liebig avec un échantillon de solanine très blanche et très pure.

attiré l'attention sur les germes de ces tubercules. En traitant ces germes avec de l'eau mêlée d'acide sulfurique, puis en précipitant l'acide sulfurique, l'acide phosphorique et la matière extractive au moyen de l'acétate de plomb, en saturant ensuite le liquide presqu'incolore avec du lait de chaux, et en faisant bouillir enfin le précipité avec de l'esprit de vin à 80° centésimaux, j'ai obtenu la solanine qu'il contenait, et je l'ai purifiée en la dissolvant à plusieurs reprises dans l'alcool. Les expériences que j'ai entreprises sur l'action de la solanine sur l'économie animale, en en donnant à deux lapins, m'ont appris qu'elle doit être comptée au nombre des poisons narcotiques puissans. Une dose d'un grain de sulfate de solanine a donné la mort à un des lapins en six heures; le second, qui était plus gros, est mort en neuf heures, après en avoir pris trois grains. Son effet paralysant sur les extrémités postérieures, est remarquable; et comme en donnant à du bétail des résidus provenant de pommes de terre germées, les pieds de derrière ont été paralysés, il reste indubitable que les germes de pommes de terre doivent leurs propriétés nuisibles à la solanine.

Quoique les caractères alcaloïdes ne soient pas prononcés aussi distinctement dans la solanine que dans la strychnine, la quinine, etc., ses rapports avec les acides ne permettent pas de douter qu'elle n'appartienne à cette classe de corps; elle se dissout facilement dans les acides et est séparée de la dissolution par des bases plus fortes. Ses sels se dessèchent la plupart en une masse gommeuse; le sulfate de solanine seul s'effleurit en excroissances semblables à des choux-fleurs. Sa capacité de saturation est

cependant extrêmement faible. Ce qui m'a le plus surpris, c'est que, chauffée dans un tube de verre, elle donne des vapeurs acides, de sorte que la quantité d'azote qu'elle renferme doit être très petite.

Sur *la Composition de la Solanine;*

Par R. Blanchet.

La solanine que j'ai analysée est celle dont il est fait mention dans l'article précédent; elle était parfaitement blanche, pulvérulente, brillante comme de la nacre de perle; elle n'avait pas le moindre effet sur le papier de curcuma, mais colorait pourtant en bleu le papier rouge de tournesol. Traitée avec la potasse caustique, elle a donné une réaction ammoniacale très douteuse; en distillant le muriate de solanine, on obtient au contraire un liquide oléagineux qui, traité par l'hydrate de chaux, donne de l'ammoniaque sensible, soit par son odeur, soit par le nuage qu'elle produit avec l'acide hydrochlorique. Desséchée dans l'appareil de M. Liebig à une température de 130°, elle ne s'est ni fondue, ni décomposée. Elle contient environ un dixième d'eau de cristallisation. Brûlée dans cet état avec de l'oxide de cuivre, elle a donné les résultats suivans :

Ire analyse. 0,552 de substance ont produit 1,135 d'acide carbonique et 0,441 d'eau.

IIe analyse. 0,349 de substance ont fourni 0,784 d'acide carbonique et 0,284 d'eau.

I.		II.
61,86	carbone	62,11
8,87	hydrogène	8,92

IIIe analyse. 0,707 de substance saturée avec du gaz acide muriatique sec et débarrassée de l'acide en excès, en ont absorbé 0,030. Le produit dissous dans l'eau et précipité par le nitrate a donné 0,122 de chlorure d'argent sec = 0,030 d'acide muriatique.

IVe analyse. 0,473 de substance ont absorbé 0,020 de gaz muriatique sec. Pendant la combinaison de la solanine avec l'acide muriatique le tout s'est beaucoup échauffé sans pourtant se fondre.

Dans l'expérience III, l'appareil a été chauffé jusqu'à 60°, pendant la combinaison. Le muriate de solanine s'est coloré en jaune sale sans avoir pourtant absorbé plus d'acide muriatique que dans la dernière expérience, où il est resté entièrement blanc.

Cette absorption donne pour cent :

III.		IV.
4,237	acide muriatique	4,229

D'après cela, 100 de solanine contiendraient 0,64 d'azote.

61,86	carbone	62,11
8,87	hydrogène	8,92
1,64	azote	1,64
27,63	oxigène	27,33
100,00		100,00

En calculant en atomes :

42	carbone	32,088	=	62,66
68	hydrogène	4,236	=	8,27
1	azote	0,884	=	1,72
14	oxigène	14,000	—	27,34
		51,208		99,99

Suivant Desfosses, 100 parties de solanine neutralisent 10,981 d'acide sulfurique, conséquemment son poids atomique serait 4,56.

Sur *la Composition de l'Asparamide et de l'Acide aspartique;*

Par Justus Liebig.

MM. Boutron-Charlard et Pelouze m'ayant envoyé avec leur mémoire une certaine quantité de belle asparamide et d'acide aspartique, j'entrepris quelques recherches analytiques sur ces deux corps. Mais les résultats que j'obtins ne s'accordèrent avec les leurs, ni sous le rapport atomique, ni pour la composition élémentaire. J'attribuai cette différence à l'impureté des substances que j'avais analysées, quoique je ne pus la découvrir; et M. Pelouze, à qui je le fis savoir, m'envoya une nouvelle portion d'asparamide et d'acide aspartique entièrement purs.

L'accord parfait de la composition de ces derniers

échantillons avec celles des premiers me donna la certitude que la différence des analyses de MM. Boutron-Charlard et Pelouze et des miennes ne provenait pas d'une inégale pureté des substances analysées, mais qu'elle est produite par une erreur dans les analyses de ces chimistes, dont la source m'est inconnue. J'ai obtenu les résultats suivans :

0,6265 d'asparamide ont perdu à 120° 0,076 d'eau.
0,7825.......................... 0,0955

Il s'ensuit que 100 parties d'asparamide cristallisée contiennent 12,133 d'eau.

I. 0,5505 gr. d'asparamide anhydre ont donné 0,728 d'acide carbonique et 0,308 d'eau.

II. 0,687 ont donné, dans les mêmes circonstances 0,916 d'acide carbonique et 0,379 d'eau.

Ces analyses donnent pour 100 parties :

I.	II.	
36,55	36,8678	carbone.
21,17	21,2012	azote.
6,21	6,1293	hydrogène.
36,07	35,8017	oxigène.

0,500 gr. d'asparamide hydratée ont laissé en outre 0,585 d'acide carbonique et 0,308 d'eau; ce qui fait pour 100 parties :

32,351	carbone.
18,734	azote.
6,844	hydrogène.
42,021	oxigène.

Si l'on calcule d'après ces nombres la composition de l'asparamide, on obtient le rapport atomique suivant :

Asparamide anhydre.			Asparamide cristallisée.		
C^8 611,492		36,74	C^8 611,492		32,35
N^4 354,072		21,27	N^4 354,072		18,73
H^{16} 98,836		5,94	H^{20} 124,794		6,60
O^6 600,000		36,05	O^8 800,000		42,32
1664,394		100,00	1890,358		100,00

De cette composition de l'asparamide anhydre et cristallisée, dont les analyses se contrôlent mutuellement, ressort l'exactitude de la quantité d'eau de cristallisation déterminée plus haut, d'après laquelle les 12,133 pour cent d'eau de cristallisation correspondent exactement à 2 atomes.

L'acide aspartique dont j'ai entrepris l'analyse n'était pas pur au même degré que l'asparamide, quoique cristallisé en petites écailles brillantes comme de la nacre de perle et d'un blanc éblouissant; il a laissé, après avoir été brûlé sur une plaque de platine, des traces de cendre, mais si légères qu'elles n'ont pu avoir aucune influence sur le rapport atomique de ses élémens. A 120°, il n'a rien perdu de son poids, et chauffé avec de l'oxide de cuivre, il a donné un mélange gazeux d'azote et d'acide carbonique dans le rapport de 1 à 8.

I.	0,251 ont donné	0,329 acide carbon. et	0,126 eau.
II.	0,3575	0,465	0,173
III.	0,4875	0,636	0,232

Ce qui donne pour sa composition en 100 parties :

	I.	II.	III.
Carbone.......	36,122	35,946	36,056
Azote.........	10,421	10,317	10,420
Hydrogène.....	5,377	5,377	5,311
Oxigène.......	47,769	48,080	48,213

Et pour sa composition théorique à l'état de cristallisation :

8	at. carbone.........		611,492	36,507
2	azote............	=	177,036	10,509
14	hydrogène.......	=	87,355	5,215
8	oxigène.........	=	800,000	47,769
			1675,883	100,000

L'acide aspartique cristallisé contient encore de l'eau qu'il abandonne en s'unissant aux bases salifiables. Si l'on compare les poids atomiques (1462 et 1451) trouvés par MM. Pelouze et Boutron-Charlard avec les nombres qu'a donnés l'analyse de l'acide aspartique combiné à l'oxide de plomb, on voit que, cristallisé, il contient deux atomes d'eau, et que conséquemment sa composition, lorsqu'il est exempt d'eau, est la suivante :

8 at.	carbone.......	= 611,492	42,16
2	azote.........	= 177,036	12,20
10	hydrogène.....	= 62,397	4,37
6	oxigène.......	= 600,000	41,27
		1450,935	100,00

Si à la composition de l'acide aspartique anhydre $8C + 2N + 10H + 6O$, on ajoute 2 at. ammoniaque $2N + 6H$, on obtiendra $8C + 4N + 16H + 6O$, ou exactement la composition de l'asparamide *anhydre*.

Les deux atomes d'eau que contient l'asparamide cristallisée sont donc employés dans sa décomposition en ammoniaque et en acide aspartique à la formation de ce dernier, mais cette décomposition a lieu sans que les *élémens* de l'eau interviennent.

Il s'ensuit donc que l'asparamide ne doit pas être mise dans la classe des amides ; mais qu'elle appartient à une autre dans laquelle un oxacide anhydre est combiné avec l'ammoniaque en un corps qui n'a aucune similitude avec les sels ammoniacaux, quoiqu'à l'état de cristallisation il contienne exactement la quantité d'eau qui correspond au rapport atomique de l'eau dans les sels ammoniacaux formés par les oxacides ; seulement cette eau peut en être séparée par la chaleur sans que pour cela la combinaison soit altérée. Cette manière de se comporter me paraît mettre fortement en question le point de vue sous lequel les chimistes français ont considéré la nature de l'urée. M. Dumas la regarde comme un amide d'oxide de carbone ; mais elle provient de la combinaison de l'acide cyanique avec l'ammoniaque;

on peut admettre sa composition comme entièrement semblable à celle de l'asparamide. Comme étant un amide d'oxide de carbone, on devrait la produire en combinant du gaz phosgène avec l'ammoniaque, et cette épreuve serait décisive; mais la combinaison produite par John Davy se décompose, suivant lui, subitement avec l'eau en carbonate d'ammoniaque et en sel ammoniac.

Dans tous les cas, l'urée a plus de ressemblance avec l'asparamide qu'avec les amides; car, de même que celle-ci se combine avec l'eau, nous voyons, dans les combinaisons de l'urée avec les acides, cette eau remplacée par les acides. On devrait donc rendre provisoirement à l'asparamide son ancien nom d'asparagine.

D'après les résultats des analyses connues, on ne peut admettre plus long-temps une liaison ou une analogie entre l'asparagine et la caféine, ni un changement de la dernière en acide aspartique et en ammoniaque.

Annalen der Pharmacie, XLVI, 146.

RÉSUMÉ *de quelques Recherches sur l'Influence que peut exercer le Régime alimentaire dans les Phénomènes chimiques de la Respiration;*

PAR MM. LASSAIGNE et YVART.

Dans un mémoire qui a été inséré dans les *Annales de Chimie et de Physique* (décembre 1832) MM. Macaire et Marcet se sont proposé de rechercher si l'azote

qu'on retrouve dans la composition des substances animales provenaient, 1° de celui qui est contenu dans les alimens dont les animaux se nourrissent ; 2° si ceux-ci le puisaient dans l'air par la respiration ; 3° enfin, s'ils jouissaient de la propriété de le créer de toutes pièces.

La première de ces trois propositions semble en partie résolue quand on considère que toutes les substances réputées alimentaires, soit seules, soit mélangées ensemble, admettent toujours au nombre de leurs principes une plus ou moins grande quantité de matière azotée : quant à la deuxième proposition, les auteurs que nous avons cités plus haut, n'ont point fait d'expériences directes pour s'assurer si cette conjecture pouvait être vérifiée.

Occupés depuis plusieurs mois de la solution de cette partie de la question, nous nous sommes, depuis cette époque, livrés à des expériences assez multipliées dans le but de rechercher *si un même animal, soumis d'abord à un régime composé d'alimens plus ou moins azotés, et ensuite nourri avec des substances dépourvues complètement d'azote, produirait sur l'air qu'il respirerait des changemens appréciables.*

Les belles expériences de MM. Dulong et Despretz sur les phénomènes chimiques de la respiration, et les différences que ces habiles expérimentateurs ont observées d'une espèce d'animal à une autre espèce, nous faisaient penser avec quelque raison que cette question envisagée sous ce point de vue, nous conduirait peut-être à quelques résultats nouveaux ou peu connus.

Quoique nous n'ayons pas encore terminé ce travail qui se trouve hérissé de plus d'une difficulté, la publi-

cation des résultats importans qu'ont obtenus MM. Macaire et Marcet nous engage à faire connaître aujourd'hui un extrait de nos recherches, nous proposant de les étendre et de les poursuivre par la suite, autant qu'il sera en notre pouvoir.

Les animaux sur lesquels nous avons opéré sont de petits quadrupèdes de l'ordre des mammifères (mulot, souris et cochons d'Inde); ils ont été alternativement nourris pendant un certain temps avec du pain de froment et des racines telles que *carottes*, *pommes de terre*, *navets*, *etc*. C'est sous l'influence de ce régime qui leur paraissait entièrement favorable que nous avons d'abord expérimenté.

Pour déterminer sous ces conditions quels changemens ils pouvaient faire éprouver à l'air qu'ils respiraient, nous les avons placés, à défaut de l'appareil si ingénieux imaginé par M. Dulong, dans un manomètre suffisamment grand, de manière à ne point gêner leur mouvement, et nous les y avons laissés un temps assez court pour qu'ils ne puissent pas ressentir de souffrance en respirant trop long-temps le même air.

Après avoir fait de cette manière une série d'expériences sur chaque animal, en prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter les causes d'erreur, nous les avons isolés en ne leur présentant pour toute nourriture qu'une pâte faite avec du *sucre blanc très pur*, de la *fécule de pommes de terre* et de l'*eau distillée*. Nos animaux, sous ce régime particulier, n'ont pu vivre long-temps, bien qu'ils eussent une plus ou moins grande quantité de cette préparation. Nous avons observé que les souris et le mulot ont supporté mieux

et plus long-temps ce régime que les cochons d'Inde. La durée de la vie a été de 15 jours pour les souris, et à peine de 8 jours pour le cochon d'Inde soumis à la même expérience ; quant au mulot, un accident nous l'a laissé échapper avant que nous ayons pu constater s'il supportait ce régime autant de temps que les souris.

Nous avons constaté sur le cochon d'Inde qu'une diminution de poids très notable a eu lieu chaque jour à partir du moment où il a été soumis au régime d'alimens non azotés ; cette diminution a été telle, qu'immédiatement après la mort, l'animal avait perdu les $\frac{38}{100}$ de sa masse, ou plus d'un tiers.

Voulant voir ce qui arriverait sur un même animal placé dans des circonstances tout-à-fait opposées, nous avons introduit dans un vaste bocal un autre cochon d'Inde, en ne lui présentant pour toute nourriture que de la viande cuite. Cet animal est mort en moins de 3 jours dans un état de maigreur extrême ; il avait à peine touché la surface de la viande avec ses incisives. Son poids après sa mort avait diminué de $\frac{33}{100}$.

Les seules conséquences que nous pouvons en ce moment déduire de la série d'expériences qu'il nous a été possible d'entreprendre, sont les suivantes :

1° Les animaux soumis aux deux genres de nourriture exposés ci-dessus, ont laissé exhaler constamment une petite quantité d'azote dont la proportion s'est élevée de 7 à 8 millièmes en plus de celle qui existait dans l'air.

2° La proportion d'acide carbonique produite par la respiration s'est trouvée presque la même pour les *souris* et le *mulot* nourris avec des alimens azotés ou non

azotés, mais elle a été plus grande sur le cochon d'Inde nourri avec des substances azotées que sur le même animal mis au régime du sucre et de l'amidon. Ces quantités étaient entre elles :: 100 : 54. Dans les deux cas, elles n'ont jamais représenté que la moitié de l'oxigène qui avait disparu par l'acte de la respiration.

3° Une portion d'oxigène a été absorbée pendant la respiration de nos animaux, et cette quantité a été plus grande sur le cochon nourri d'alimens azotés que sur ce même animal soumis ensuite au régime opposé. Le rapport a été :: 100 : 80.

4° Enfin, aux différentes époques où nous avons expérimenté sur le cochon d'Inde mis à la diète d'alimens azotés, nous avons remarqué que cet animal était dans un état de souffrance très apparent, et que dans la température de sa peau il y a eu un abaissement de 5 à 6 degrés au-dessous de celle qu'elle avait dans l'état ordinaire.

NOTE *sur l'Acide méconique*;

PAR ROBIQUET.

Dans le mémoire sur les principaux produits de l'opium que j'ai publié au commencement de 1833, j'ai dit, en traitant de l'analyse des acides méconiques, que l'acide hydraté était composé de

$$\left.\begin{array}{r} 41{,}199 \text{ carbone} \\ 4{,}436 \text{ hydrogène} \\ 54{,}365 \text{ oxigène} \end{array}\right\} \text{d'où } C^7\,H^9\,O^7 = C^7\,H^7\,O^6 + H^2\,O,$$

et que l'acide anhydre était formé de

45,276 carbone
3,651 hydrogène } d'où $C^7 H^7 O^6$.
51,073 oxigène

Peu de temps après cette publication, M. J. Liebig, à qui j'avais eu occasion d'envoyer des échantillons de ces nouveaux produits, me fit l'honneur de m'écrire pour me prévenir qu'en adaptant à son appareil pour l'analyse élémentaire la petite pompe de M. Gay-Lussac, il avait obtenu au moyen d'une dessication plus complète des résultats qui différaient un peu des miens en raison de cette moindre humidité, et qu'ainsi l'acide hydraté lui avait donné

42,112 carbone
2,015 hydrogène } d'où $C^7 H^4 O^7$,
55,873 oxigène

tandis que l'acide anhydre lui avait fourni

46,45 carbone
2,61 hydrogène } d'où $C^6 H^4 O^5$.
50,94 oxigène

C'est-à-dire que ces deux acides ne diffèrent l'un de l'autre que par un atome d'acide carbonique, et que par conséquent ils ne sont point isomères l'un de l'autre comme je l'avais admis. J'ai répété dans le temps ces analyses en prenant la précaution indiquée par M. Liebig, et j'ai obtenu en effet des résultats qui se rapprochaient infiniment des siens; toutefois je désirai y reve-

nir encore malgré toute la confiance que mérite un aussi habile observateur. Les matières organiques offrent de si étranges variations qu'on ne saurait apporter trop de réserve avant de se prononcer d'une manière définitive, et j'aurais bien désiré revenir encore sur ces recherches; mais une maladie grave m'ayant forcé d'interrompre toute espèce de travail, je me contentai, en répondant à M. Liebig, de lui soumettre quelques observations, et je lui disais entre autres choses, qu'avant d'avoir procédé à l'analyse élémentaire de ces acides, je m'étais à peu près fixé à l'idée de les considérer comme ne différant entre eux que par une certaine proportion d'acide carbonique; cependant j'étais arrêté dans cette conclusion par la formation de la matière colorante brune qui se développe en assez grande abondance pendant la réaction de l'eau sur l'acide méconique ordinaire, et j'ajoutais que je ne voyais pas comment on pourrait s'en rendre compte. M. Liebig prétend, dans la note qu'il vient de publier, que la création de cette matière colorante n'est pas essentielle à la formation de ce qu'il nomme maintenant l'acide *meta-méconique*, puisqu'en faisant réagir de l'acide hydrochlorique sur un méconate, on obtient le second acide sans matière colorante. C'est en effet ce que j'ai démontré dans mon mémoire; mais en y citant cette observation, je dis aussi qu'il se peut que cette matière colorante soit détruite par la réaction de l'acide hydrochlorique au fur et à mesure de sa création, et j'ajouterai que rien ne garantit que, dans cette autre manière d'obtenir l'acide-méconique, il n'y ait précisément que de l'acide carbonique de produit : ne se pourrait-il pas par exemple qu'il y eut de l'eau de formée? Cette

supposition n'est pas aussi gratuite qu'on pourrait le présumer d'abord, et je vais indiquer sur quoi je me fonde à cet égard. J'ai fait voir que de l'acide méconique ordinaire, desséché à 120°, laissait dégager, lorsqu'on le chauffait à une température plus élevée, une grande quantité d'acide carbonique. L'opinion émise par M. Liebig est venue me rappeler cette expérience et me faire concevoir la possibilité de transformer, par le seul secours de la chaleur, l'acide méconique ordinaire en acide meta-méconique.

Je disposai donc un appareil de manière à pouvoir chauffer graduellement l'acide séché à 120° et recueillir exactement tous les produits. Je m'arrangeai aussi de manière à pouvoir constater à chaque instant la température et la rendre à volonté stationnaire ou progressive. Voici ce que j'observai dans le cours de l'opération :

Lorsque le bain-marie eut atteint 120° centigrades, il se vaporisa encore un peu d'humidité qui fut accompagnée de quelques bulles d'acide carbonique, puis le dégagement cessa, et on profita de cette interruption pour sécher de nouveau tous les tubes; on éleva ensuite graduellement la température jusqu'à 170°. Le dégagement était alors sensible, mais on voyait beaucoup d'eau ruisseler dans les tubes. A 200° les bulles devinrent plus fréquentes, et à 220° elles formaient un courant continu. On vit à cette époque apparaître des vapeurs blanchâtres, et le dégagement de gaz s'arrêta tout à coup; néanmoins la chaleur fut soutenue pendant quelque temps, puis poussée jusqu'à 230° sans qu'il se manifestât de nouveaux phénomènes. Arrivé à ce terme, on a laissé

refroidir pour pouvoir apprécier l'altération éprouvée par l'acide dans cette période de décomposition.

Le résidu n'était pas sensiblement charbonné; sa couleur était le gris cendré; on y distinguait à l'œil nu une foule de petites paillettes cristallines. Traité par l'eau bouillante, il en fallut une très grande quantité pour le dissoudre, ce qui prouva immédiatement qu'on n'avait plus affaire à l'acide primitif. Cette dissolution qui s'opéra sans dégagement d'acide carbonique fut filtrée bouillante, et elle laissa déposer par le refroidissement une grande quantité de poudre cristalline légèrement jaunâtre qui présente tous les caractères de l'ancien acide para-méconique.

Je n'ai fait cette expérience qu'une seule fois, et bien que j'aie opéré avec beaucoup de soin, je n'oserai cependant affirmer positivement que l'eau est un produit constant de cette décomposition par le feu; mais si, comme j'ai tout lieu de le croire, cela venait à se confirmer, pourrait-on regarder comme bien avéré que ces deux acides ne diffèrent l'un de l'autre que par de l'acide carbonique. Il n'y a rien cependant, dira-t-on, à objecter contre une analyse élémentaire lorsque les résultats en sont garantis par un homme tel que M. Liebig. Et moi aussi je suis intimement convaincu qu'on ne saurait faire mieux dans l'état actuel; mais qui pourrait affirmer que nos méthodes analytiques, qui ont subi déjà tant d'heureuses améliorations, ne sont plus susceptibles d'en recevoir aucune, et que nous avons vraiment atteint les dernières limites de l'exactitude? Personne sans doute. Je me livrerais donc bien volontiers à de nouvelles recherches sur les acides méconiques, si par une singularité dont

je ne saurais me rendre compte, je ne me trouvais tout-à-fait au dépourvu de méconate de chaux. Depuis la publication de mon mémoire, je ne me sers pour l'extraction de la morphine que du procédé de MM. Grégory et Robertson, et cependant voilà près de 3 quintaux d'opium que je fais traiter sans qu'on puisse en isoler du méconate de chaux. On n'a absolument recueilli que du sulfate de chaux par suite de la double décomposition au moyen du muriate de soude. Ce fait vient à l'appui de l'opinion dès long-temps émise par M. Dupuy, pharmacien de Paris, qui a prétendu que la morphine était à l'état de sulfate et non de méconate dans l'opium. Ce qu'il y a de très certain, c'est que ce jeune chimiste a obtenu à diverses reprises du sulfate de morphine en abandonnant long-temps à elle-même des dissolutions concentrées d'opium. Mais comme d'un autre côté il est également positif qu'on obtient souvent du méconate de chaux mélangé de sulfate dans le traitement de l'opium par le muriate calcaire, il est bien à présumer que la morphine s'y trouve tantôt à l'état de méconate, tantôt à l'état de sulfate, et il est même très probable que dans la plupart des opiums, ces deux sels s'y rencontrent en même temps. Quoi qu'il en soit, manquant ainsi de matière première, je n'ai pu préparer de nouvel acide méconique, et je me trouve forcé d'attendre que des circonstances plus favorables me permettent de reprendre ce travail.

Par une heureuse compensation, j'ai pu dans mes derniers traitemens d'opium, recueillir une assez grande quantité de codéine, et j'en ai éprouvé d'autant plus de satisfaction, que je l'ai obtenue très pure et parfaite-

ment cristallisée en prismes droits à base rhomboïdale, tantôt aplatis, tantôt allongés et de plus de 6 lignes de côté.

Je profiterai de cette circonstance pour étudier avec plus de soin ce beau produit dont je n'avais d'abord obtenu qu'une très petite quantité, et qui n'a été pour ainsi dire qu'indiqué dans mon mémoire.

Sur *les Sels doubles cristallisés d'oxide de Zinc et de Carbonates alcalins ;*

Par F. Wöhler.

Du zinc métallique mis dans une dissolution bouillante de carbonate de soude s'y dissout lentement et avec dégagement d'hydrogène. En laissant le liquide en repos après une ébullition de plusieurs heures, on voit au bout de quelques jours que le zinc s'est recouvert de petits cristaux, durs, incolores et très brillans. Ce sont des octaèdres et des tétraèdres dont les angles et les arêtes sont quelquefois diversement tronqués. Ils sont tout-à-fait insolubles dans l'eau ; les acides les dissolvent avec effervescence. Soumis à l'action de la chaleur, ils deviennent blancs et opaques, et si elle va jusqu'au rouge, ils prenent une couleur jaune. Si on les traite alors par l'eau, elle s'empare du carbonate de soude, et il reste de l'oxide de zinc pur. Cette combinaison se comporte donc comme la gay-lussite, ce sel double minéral de

carbonate de soude et de carbonate de chaux, dont l'eau peut séparer le carbonate de soude après qu'on l'a chauffé.

Le sel double de zinc ne paraît pas facile à obtenir d'une autre manière que de celle qu'on a indiquée. On ne l'obtient pas en précipitant une dissolution bouillante de sulfate de zinc par du carbonate de soude en excès. L'eau n'enlève point d'alcali au précipité après qu'il a été lavé et fortement chauffé. Il ne se forme pas non plus en faisant bouillir de l'oxide de zinc ou du carbonate de zinc avec du carbonate de soude ; pas plus qu'avec du bi-carbonate de cet alcali.

Ayant laissé une dissolution d'oxide de zinc dans de la soude caustique, exposée à l'air de manière qu'elle pût en absorber lentement l'acide carbonique, il s'y déposa au bout de quelque temps de petits cristaux brillans tout-à-fait insolubles dans l'eau. Ils ne renfermaient pas d'alcali, mais c'était, comme je m'en suis assuré par une analyse approximative, une combinaison de carbonate basique de zinc et d'hydrate d'oxide de ce métal analogue au carbonate de zinc naturel. On obtient aussi ce sel avec la potasse caustique.

Si l'on forme une dissolution d'hydrate d'oxide de zinc dans l'ammoniaque en versant goutte à goutte du chlorure de zinc dans de l'ammoniaque en excès, qu'on la mêle avec du carbonate d'ammoniaque et qu'on la laisse exposée à l'air, il se forme à mesure que l'ammoniaque s'évapore, de beaux cristaux prismatiques groupés en étoiles. Ils sont complètement insolubles dans l'eau. Ils sentent fortement l'ammoniaque, car ils en dégagent continuellement ; aussi deviennent-ils peu à

peu laiteux, et lorsqu'ils ont perdu toute odeur ammoniacale, ils se réduisent en une poudre blanche. Cependant si l'on chauffe ce résidu, il donne encore beaucoup de carbonate d'ammoniaque et d'eau, et si l'on fait rougir, il reste une quantité d'oxide de zinc qui s'élève à 62,2 pour 100. Il y a donc deux sels doubles différens de carbonate d'ammoniaque et d'oxide de zinc analogues au sel double de soude octaèdrique.

(*Poggendorff's annal.*, 1833, n° 8.)

Sur *le Borate de Magnésie*;

Par M. F. Wöhler.

On sait que le borate de soude ne produit point de précipité dans une dissolution de sulfate de magnésie. Mais si l'on chauffe un mélange de ces dissolutions, il se forme un précipité blanc abondant qui, à mesure que le liquide se refroidit, se redissout lentement, mais complètement.

Une dissolution semblable dans laquelle le précipité s'était redissous, était restée pendant plusieurs mois de l'hiver dans un lieu qui s'était souvent trouvé à une température au-dessous de zéro. Pendant ce temps, il s'était formé aux parois du vase de beaux groupes radiés de cristaux aciculaires qui ressemblaient tout-à-fait aux cristallisations en aiguilles de la mésotype. Les aiguilles isolées de plusieurs de ces groupes hémisphériques

avaient plus d'un demi-pouce de longueur; mais elles étaient tellement déliées qu'il ne fut pas possible de déterminer leur forme de cristallisation.

Elles étaient transparentes, avaient beaucoup d'éclat, étaient dures et cassantes, et remarquables par leur constitution *minérale* en quelque sorte. Elles étaient absolument insolubles tant dans l'eau froide que dans l'eau bouillante. L'acide hydrochlorique les dissolvait facilement. La dissolution chaude et concentrée laissa déposer en se refroidissant des cristaux d'acide borique; après l'avoir étendue d'eau, on en précipita de nouveau le sel en aiguilles déliées par l'addition d'ammoniaque. Soumis à l'action de la chaleur, ces cristaux devinrent opaques en s'agglomérant en une masse blanche et en perdant beaucoup d'eau. Sa quantité s'élevait à 58,4 pour cent. Il paraît cependant s'être volatilisé en même temps un peu d'acide borique. Ils ne contenaient ni acide sulfurique ni soude; c'était donc un borate de magnésie.

On a fait fondre 0,450 gram. de ces cristaux avec plusieurs fois leur poids de carbonate de potasse; la masse a été ensuite bouillie dans l'eau, et le résidu de magnésie lavé avec de l'eau bouillante. Il pesait 0,075 gr., ce qui fait 16,67 pour cent. La quantité d'acide borique s'élève à 25 pour cent. D'après cela, la base et l'acide se trouvent dans ce sel dans le même rapport que dans la boracite, et on pourrait le considérer comme de la boracite avec 16 atomes d'eau de cristallisation, ou bien $\dot{M}g\,\overset{:::}{B}{}^{2} + 16\underline{\dot{H}}$.

De ce même liquide qui avait fourni ces cristaux, il se sépara plus tard un autre sel tout différent, en cris-

taux volumineux, transparens et très abondans. Il paraît être un des sels que L. Gmelin a déjà observés (Voyez p. 679 de son ouvrage), et qu'il présume être des combinaisons hydratées de borate de magnésie avec du sulfate de soude et du sulfate de magnésie.

Le sel qu'on a obtenu dans le cas précédent ne contenait point d'acide sulfurique, mais c'était un sel double de borate de magnésie et de borate de soude. Il se présente en cristaux volumineux bien déterminés et brillans dont la forme est celle de prismes rhomboïdaux obliques.

Lorsqu'on le chauffe, ce sel se fond moins vivement que le borax, et il perd dans cette circonstance 52,5 pour cent d'eau. La masse après avoir été soumise à une chaleur rouge, se redissout en grande partie dans l'eau, mais si lentement qu'elle y paraît insoluble. Il en reste cependant une partie réellement insoluble, qui semble être un borate basique de magnésie.

Le sel double se dissout complètement dans l'eau froide, à peu près en même quantité que le borax. La dissolution a une réaction alcaline, et ne précipite point par l'ammoniaque. Elle possède la propriété caractéristique de se troubler lorsqu'on la chauffe, et de déposer un précipité blanc abondant qui, à mesure que la liqueur se refroidit, s'y redissout entièrement. C'est donc à la formation de ce sel dans le mélange de deux dissolutions de sulfate de magnésie et de borax, qu'il faut attribuer le trouble que la chaleur y produit. Il commence à se faire voir dans la dissolution du sel, lorsqu'il est pur, à la température d'environ 70°.

Si l'on en jette un cristal dans l'eau bouillante, il

devient à l'instant laiteux et opaque, et si on le retire de l'eau avant qu'il ne se soit changé en précipité blanc, on le trouve converti en une matière gommeuse, gluante intérieurement et qu'on peut tirer en fils.

Cette précipitation qu'opère la chaleur dans la dissolution du sel double, provient de ce qu'il se change en un borate basique de magnésie, en borate de soude et en acide borique libre. 3 gram. de ce sel ont été dissous dans l'eau, et la dissolution tenue en ébullition pendant une demi-heure ; on l'a filtrée bouillante et l'on a lavé le précipité à l'eau bouillante. Il était transparent, gélatineux, et après avoir été séché à l'air, il devint blanc et terreux. A la calcination, il perdit 59 pour cent d'eau dont indubitablement une partie était hygrométrique. Après qu'on eut fait rougir, le précipité produit par 3 gr. de sel s'élevait à 0,294, ou bien 9,8 pour cent. C'était un borate basique de magnésie. On évapora jusqu'à réduire à un petit volume le liquide provenant de la filtration ; il ne s'en sépara pas de borax, mais en continuant l'évaporation, il donna, en se desséchant, une masse saline cristalline qui n'avait plus de réaction alcaline, mais contenait beaucoup d'acide borique libre, ainsi que l'alcool le fit voir. Comme il s'en était volatilisé une partie avec la vapeur d'eau, et que le résidu salin renfermait encore un peu de magnésie, cette expérience ne put donner de résultat quantitatif.

Si l'on fait digérer de l'hydrate de magnésie avec une dissolution de borax, il s'en dissout une grande quantité. La dissolution possède la propriété de se troubler fortement lorsqu'on la chauffe, et semble, pour cette

raison, contenir un sel pour le moins analogue au sel double précédent.

Les carbonates de magnésie se dissolvent aussi bien que l'hydrate dans l'acide borique pur à l'aide d'une simple digestion, et mieux encore de l'ébullition. La dissolution possède une réaction alcaline. En évaporant, on obtient un sel en grains cristallisés dont on ne peut déterminer la forme. Il ne lui faut que peu d'eau pour se dissoudre, mais il ne s'y dissout que très lentement. La dissolution ne se trouble point par l'ébullition. Lorsqu'elle est concentrée, l'ammoniaque y produit un précipité, ce qui n'a pas lieu si elle est diluée. Si on la mêle avec une dissolution de borax, elle se trouble par l'action de la chaleur, et donne un précipité que le refroidissement fait disparaître.

En faisant évaporer la liqueur, il s'en sépare de petits cristaux très peu solubles, qui se comportent comme le sel double dont on a parlé plus haut. On obtient des résultats semblables en faisant digérer dans une dissolution de borax, le borate basique de magnésie que la chaleur a fait déposer.

Le sel qu'on obtient en faisant bouillir de l'acide borique avec de l'hydrate de magnésie en excès perd beaucoup d'eau par l'action de la chaleur, et en même temps assez d'acide borique pour qu'on ne puisse déterminer la quantité d'eau qu'il renferme. Le résidu fondu ressemble à de la pierre de ponce. Si on le fait bouillir avec de l'eau, elle dissout une grande quantité d'acide borique libre, et ce qui reste indissous paraît être de la magnésie pure. D'après cela, il semble que l'action d'une forte chaleur détruit dans ce sel toute

affinité entre l'acide borique et la magnésie. Peut-être est-ce le même phénomène qu'on observe dans certains silicates, tels que les grenats et l'idocrase, lesquels après qu'on les a calcinés sont attaqués par les acides, et ont changé de densité.

Le borate basique de magnésie qui se dépose sous forme de précipité blanc, pendant l'ébullition de la dissolution du sel double de soude cristallisé, s'obtient le plus facilement en mêlant une dissolution chaude de borax à une dissolution bouillante de sulfate de magnésie. Ce précipité se dissout dans l'eau froide, la dissolution se trouble par l'ébullition, possède une réaction alcaline et se dessèche sous forme d'un vernis transparent. En faisant bouillir ce précipité avec beaucoup d'eau, ou en le lavant long-temps à l'eau bouillante, il semble changer dans sa composition, et se convertir, du moins en partie, en hydrate de magnésie. Aussi n'est-il plus alors soluble dans l'eau froide. Il se dessèche en une masse blanche opaque, et se carbonate. L'acide hydrochlorique le dissout facilement. L'ammoniaque produit dans la dissolution étendue un précipité cristallin. Un excès de potasse caustique précipite même de cette dissolution de la magnésie, non pas à l'état de pureté, mais contenant de l'acide borique.

Analyse *de l'Halloysite de Guatequé, dans la Nouvelle-Grenade;*

Par M. Boussingault.

Le village de Guatequé est situé dans la Cordilière orientale, non loin de Sogamoso. Le terrain de cette localité consiste en une formation de grès très étendue qui repose sur le groupe porphyrique et schisteux de Pamplona. Près de Guatequé le grès passe à un schiste noir très carburé, dans lequel on rencontre des amas peu considérables d'anthracite. C'est dans ce schiste qu'en 1826, des Indiens qui recherchaient un gîte d'émeraudes, trouvèrent en grande quantité le minéral dont je vais donner l'analyse.

Cette substance est blanche, compacte, extrêmement douce au toucher; sa cassure est conchoïde et cireuse; elle est translucide sur les bords; plongée dans l'eau, elle devient transparente en même temps que s'en dégage de nombreuses bulles d'air; elle se laisse rayer par l'ongle; elle happe très fortement à la langue.

2 grammes du minéral de Guatequé ont été chauffés au rouge naissant dans une petite cornue de verre munie de son récipient. Sur la voûte de la cornue, il s'est déposé une matière blanche, cristalline, qu'on reconnut pour de l'hydrochlorate d'ammoniaque, qui se trouva en trop faible proportion pour pouvoir être pesée. L'eau recueillie dans le récipient était sensiblement alcaline. La calcination fut achevée dans un creuset de platine,

la perte au feu consistant en eau s'éleva à 0g,50. Il peut être utile de faire remarquer ici que cette quantité d'eau coïncide exactement avec celle trouvée dans une analyse faite en Amérique, sur du minéral extrait depuis peu de son gîte.

Le minéral calciné, qui ne pesait plus que 1g,50, traité par la potasse au creuset d'argent a donné 0g,80 de silice et 0g,71 d'alumine. Comme dans les environs de Guatequé, on assure avoir rencontré des émeraudes, j'ai cherché, mais sans succès, la glucine. Je me suis également convaincu que dans le minéral de Guatequé il n'existait ni acide fluorique, ni acide phosphorique. La chaux et la magnésie ne s'y rencontrent pas.

L'analyse a donné pour la composition de ce minéral :

Silice.....	0,400	Oxigène...	0,21
Alumine..	0,350	....	0,16
Eau......	0,250	....	0,22
Hydrochlorate d'ammoniaque.		Traces.	

Composition identique avec celle d'un minéral trouvé à Avreur près de Liége, et que M. Berthier a dédié au savant géologue qui en a fait la découverte, M. Omalius d'Halloy.

M. Berthier a trouvé dans l'halloysite d'Avreur :

Silice............	0,395
Alumine.........	0,340
Eau..............	0,265

L'halloysite de Guatequé, comme celle d'Avreur, perd une partie de son eau à la température de 100° c. 1 gramme du minéral de Guatequé chauffé au bain

marie pendant deux heures s'est réduit à $0^g,89$. Si l'on admet que l'eau qui se dégage à la chaleur de l'étuve n'existe dans le minéral que comme eau hygroscopique, la composition de l'halloysite devient :

	De Guatequé.	D'Avreur.
Silice..........	0,460	0,449
Alumine.......	0,402	0,391
Eau..........	0,148	0,160

M. Berthier, pour représenter la composition de l'halloyste d'Avreur, a adopté la formule

$$2\,\underline{\dddot{Al}}\,\dddot{Si}^{3} + \underline{\dddot{Al}}\,\underline{\dot{H}}^{2},$$

formule qui exprime par conséquent la composition de l'halloysite d'Amérique. Cette formule traduite en chiffres, donne :

	Silice........	0,470	0,732
0,393	Alumine.....	0,262	
	Alumine.....	0,131	0,268
	Eau.........	0,137	

Examen *d'une Substance considérée comme un composé d'Hydrogène et de Platine* ;

Par M. Boussingault.

On a été porté à considérer comme de l'hydrure de platine, une poudre noire et combustible que l'on obtient en mettant en digestion dans de l'acide hydrochlorique,

un mélange intime de fer et de platine extrêmement divisés (1).

Voici comme on peut se procurer facilement cette combinaison : on dissout dans l'acide hydrochloro-nitrique parties égales de fer et de platine. La dissolution, privée de son excès d'acide, est précipitée par l'ammoniaque. Le précipité lavé et desséché est réduit par le gaz hydrogène sec dans un tube de verre chauffé au rouge naissant. Il se dégage de l'hydrochlorate d'ammoniaque, de l'acide hydrochlorique et de la vapeur d'eau. On continue à faire passer le gaz jusqu'à ce que l'appareil soit complètement refroidi. On trouve dans le tube un mélange de platine et de fer extraordinairement pyrophorique; il faut même agir avec quelque dextérité pour introduire le mélange dans l'acide hydrochlorique sans qu'il y ait inflammation. L'acide dissout le fer avec dégagement abondant de gaz hydrogène, et il reste une poudre noire, très pesante, qu'il ne s'agit plus que de laver à grande eau. C'est sur cette matière que j'ai fait les expériences dont je vais rendre compte.

Cette poudre noire, chauffée dans un vase ouvert, s'enflamme bien au-dessous de la chaleur rouge; quelquefois il y a déflagration et la matière est lancée au loin sous forme d'étincelles. Quelquefois la combustion a lieu lentement et se propage de proche en proche en émettant une lumière rouge et peu intense, à la manière de l'amadou. En opérant la combustion dans un vase fermé, on aperçoit un peu d'humidité sur la partie froide du vase. C'est cette circonstance qui a fait présumer l'exis-

(1) Berzélius, *Traité de Chimie*, t. III, p. 64.

tence de l'hydrogène. Mais il me paraît hors de doute que cette eau existait déjà à l'état hygroscopique dans la poudre noire.

J'ai reconnu que pendant la combustion cette poudre augmente sensiblement de poids.

0g,311 de poudre ont pesé après l'ignition 0 ,314.

Ce fait rendait très probable la présence du fer. Une chose remarquable, c'est que, par l'ignition, cette matière ne change aucunement d'aspect. La seule différence qu'elle présente, c'est de ne plus être combustible. 0g,311 de poudre noire traités par l'acide nitrique bouillant ont laissé 0g,249 de platine très divisé. L'acide ne contenait que de l'oxide ferrique. D'après cette expérience, la quantité de fer contenu dans cette poudre s'éleverait à $\frac{1}{5}$. Il est donc vraisemblable que l'ignition est due à la combustion d'une partie du fer qui se trouve combiné au platine. Néanmoins j'ai cru nécessaire de démontrer l'absence de l'hydrogène dans ce composé. 2g,687 de poudre noire très combustible ont été mêlés intimement avec de l'oxide cuivrique récemment calciné. Le mélange a été introduit dans un tube de verre, à l'extrémité duquel était adapté un autre petit tube contenant du chlorure de calcium. En un mot, l'appareil a été disposé comme pour une analyse organique. Après l'opération, le poids du chlorure se trouva augmenté de 0,032. Cette quantité d'eau équivaut à 0,0035 d'hydrogène; de sorte que l'on peut établir avec certitude que le composé qui nous occupe ne contient pas au-delà de $\frac{1}{1000}$ d'hydrogène. Le plus probable est qu'il n'en contient aucune trace, et il est à peu près certain que

l'eau obtenue est due à l'impossibilité de dessécher parfaitement les matières que l'on emploie.

Ces expériences suffisent, ce me semble, pour établir que la substance que l'on avait signalée comme un hydrure est simplement un alliage de fer et de platine.

Descostils, en traitant par l'acide sulfurique étendu, un alliage de zinc et de platine, obtint une poudre noire qui s'enflammait au-dessous de la chaleur rouge en produisant une sorte de détonation. Ce chimiste considérait cette poudre comme du platine extrêmement divisé. En suivant le procédé indiqué par Descostils, j'ai obtenu la poudre combustible qu'il avait signalée; j'ai trouvé de plus que, loin d'être du platine pur, elle renfermait jusqu'à 0,31 de zinc. La propriété pyrophorique de cette poudre est due certainement à la combustion d'une certaine quantité de zinc; après l'ignition, son poids se trouve augmenté d'environ 0,03. En traitant par l'eau un alliage de platine et de potassium, Humphry Davy obtint des paillettes noires qu'il a considérées comme de l'hydrure de platine. Je me propose d'en déterminer prochainement la composition.

FIN DU TOME CINQUANTE-TROISIÈME.

ERRATUM Page 393, ligne 1, *réagissent*, lisez *régissent*.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. *Août 1833.*

JOURS.	9 heures du matin. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Midi. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	3 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Thermomètre. maxim.	minim.	État du ciel à midi.	Vents à midi.
1	762,06	+18,7	60	761,93	+21,5	60	761,60	+21,7	45	762,86	+17,2	80	+21,7	+14,2	Très-nuageux.	N.
2	763,02	+18,3	50	762,00	+20,3	57	761,13	+21,5	52	761,47	+16,5	60	+21,5	+13,0	Nuageux.	N. E.
3	761,12	+15,7	84	761,02	+19,5	65	760,46	+20,1	55	761,74	+16,2	72	+20,1	+13,0	Couvert.	N.
4	762,94	+16,8	70	762,66	+18,0	52	761,90	+19,4	50	761,75	+16,0	60	+19,4	+11,3	Couvert.	N.
5	760,07	+17,6	40	758,13	+20,0	45	757,70	+21,4	46	757,55	+16,7	66	+21,4	+ 9,5	Beau.	O.
6	758,35	+17,0	48	757,62	+18,0	47	757,06	+19,3	41	756,66	+15,0	68	+19,3	+12,5	Nuageux.	N. E.
7	757,00	+15,6	50	756,30	+17,7	50	755,66	+19,0	50	756,42	+16,2	55	+19,0	+ 9,2	Nuageux.	N.
8	757,62	+15.8	55	757,18	+19,3	52	756,54	+20,0	50	757,06	+15,9	60	+20.0	+ 9,5	Nuageux.	N.
9	757,04	+17,5	40	756,36	+20,2	50	755,26	+22,1	48	755,70	+18,0	55	+22,1	+11,0	Beau.	N. E.
10	756,46	+19,4	46	755,92	+24,0	48	755,40	+23,9	48	756,00	+16,8	60	+24,0	+11,8	Nuageux.	O.
11	757,06	+19,5	50	757,00	+24,5	53	756,45	+24,7	50	757,30	+18,0	60	+24,7	+12,0	Nuageux.	O.
12	759,72	+17,0	53	759,48	+19,3	54	758,47	+19,8	50	757,58	+16,3	53	+19,8	+12,0	Nuageux.	N. E.
13	752,30	+18,2	40	750,40	+25,6	42	748,45	+25,9	41	746.45	+16,2	99	+25,9	+ 9,5	Nuageux.	S.
14	744 03	+14 0	100	744,50	+18,5	70	745,22	+19,3	62	747,35	+13,4	90	+19,3	+13,4	Très-nuageux.	N.
15	748.35	+13,2	90	748,03	+16,9	77	749,16	+18,7	59	750,16	+16,0	78	+18,7	+11,5	Couvert.	N.
16	751,96	+17,5	60	752,50	+18,8	55	752,70	+18,3	57	754,55	+13,3	94	+18,8	+11,3	Très-nuageux.	O.
17	755,10	+17,2	50	754,55	+21,0	55	753,63	+22,4	51	752,64	+16,5	70	+22,4	+10,1	Très-nuageux.	O.
18	752,34	+18,0	50	751,97	+21,1	52	751,40	+21,0	50	752,00	+16,8	65	+21,1	+12,5	Nuageux.	O.
19	754,20	+19,2	70	754,25	+24,2	60	754,34	+23,2	54	756,20	+17,0	80	+24,2	+14,0	Nuageux	O. S. O.
20	757,60	+19,5	75	757,47	+22,0	60	756,92	+22,1	52	757,13	+16,8	76	+22,1	+15,3	Très-nuageux.	O.
21	757,00	+20,0	80	756,60	+22,2	71	755,70	+23,0	65	755,20	+18,2	80	+23,0	+15,0	Couvert.	O.
22	753,60	+19,3	85	753,10	+22,3	75	752,00	+21,4	52	751,52	+17,0	80	+22,3	+15,3	Nuageux.	S. O.
23	750,52	+16,5	95	750,44	+19,2	58	750,57	+18,7	50	752,77	+13,2	64	+19,2	+13,2	Nuageux.	O.
24	756,07	+17,0	78	756,24	+21,9	64	755,94	+21,8	50	757,44	+15,3	62	+21,9	+10,5	Très-nuageux.	O.
25	758,42	+19,4	65	758,20	+21,2	51	758,32	+19,4	60	760,52	+13,2	76	+21,2	+12,5	Couvert.	O.
26	762,52	+15,3	70	762,25	+18,5	52	761;60	+19,8	50	762,07	+14,5	60	+19,8	+10,3	Nuageux.	N. E.
27	762,80	+15,5	56	762,38	+18,2	50	761,60	+19,5	40	762,06	+13,7	60	+19,5	+10,0	Nuages clairs.	N.
28	762 85	+17,0	66	762,10	+19,5	50	761,26	+21,5	40	761,30	+15,5	50	+21,4	+ 9,8	Beau.	O.
29	760.54	+17,2	76	759,22	+23,7	47	757,70	+23,0	40	756,35	+16,2	60	+23,7	+11,2	Nuageux.	S. O.
30	755,36	+20,5	63	754,00	+21,5	64	752,58	+20,8	71	746,02	+17,3	82	+21,5	+11,3	Couvert.	S. O.
31	737,76	+16,5	60	737,72	+15,6	68	737,28	+14,0	62	736,70	+12,5	99	+16,5	+10,7	Pluie.	O. S. O.
1	759,57	+17,2	54	758,91	+19,8	53	758,27	+20,8	49	758,72	+16,5	64	+20,8	+11,5	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en cent.
2	753,27	+17,3	64	753,01	+21,1	53	752,67	+21,5	55	753,14	+16,0	76	+21,7	+12,2	Moyennes du 11 au 20.	Cour. 4.280
3	756,13	+17,6	72	455,66	+20,3	59	754,92	+20,2	53	754,72	+15,1	70	+20,9	+11,8	Moyennes du 21 au 30.	Terrasse, 3,874
	756,31	+17,4	64	755,85	+20,5	55	755,29	+20,9	52	755,50	+15,8	70	+21,1	+11,8	Moyennes du mois, +16,5.	

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE DU CINQUANTE-TROISIÈME VOLUME.

